N° 4 28 FÉVRIER 1934

# Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. 

## CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

### § 1. — Sciences physiques.

#### Adsorption des électrolytes par les surfaces cristallines.

On dit qu'il y a adsorption chaque fois que des atomes, des molécules, des ions ou des micelles se condensent à la surface de séparation des deux phases sans qu'il y ait formation de composés chimiques définis.

Le cas le plus simple et qui, pour cette raison, a été étudié le plus systématiquement, est celui de l'adsorption des gaz par les solides. L'adsorption des substances dissoutes a également fait l'objet d'un nombre considérable de recherches, mais les résultats obtenus sont pour la plupart peu précis. Cela tient, tout d'abord, au choix des adsorbants, car on a généralement utilisé des substances de structure et de composition mal définies, tels que charbons, fibres textiles, colloïdes dispersés ou gélifiés. D'autre part, dans les expériences avec les solides cristallins, on a presque toujours confondu l'adsorption proprement dite avec l'entraînement des substances étrangères qui se produit au cours même de la formation des cristaux; ce qui ne permet pas, évidemment, d'exclure dans ce cas la possibilité d'une occlusion. Enfin, le plus souvent dans ces recherches on n'a pas tenu compte de l'adsorption que le solide peut exercer sur le solvant lui-même et l'on a supposé que l'adsorption porte uniquement sur les molécules dissoutes, ce qui est loin d'être toujours réalisé.

Dans un travail récent[1] Mlle de Brouckère a repris la question en se plaçant dans des conditions qui lui ont permis d'éviter ces diverses causes d'erreur. Elle a étudié l'adsorption d'acide chlorhydrique et de divers halogénures métalliques en solution aqueuse sur de petits cristaux de sulfate de baryum qui présentaient par unité de masse une très grande surface adsorbante, en déterminant de façon complète la composition des pellicules adsorbées, par dosages directs de l'anion, du cation et de l'eau qu'elles contiennent.

Dans tous les cas étudiés elle a constaté que l'adsorption des molécules et des ions est un phénomène réversible, conduisant à des équilibres parfaitement définis, qui résulte de l'égalisation des deux processus inverses : la fixation et la désorption de l'électrolyte. Au contraire l'adsorption des micelles, étudié dans le cas du chlorure ferrique hydrolysé, est irréversible; elle est sans doute assimilable à la précipitation d'un composé peu soluble. Les deux constituants A et B d'un halogénure non hydrolysé A B sont retenus en quantités équivalentes.

Dans le cas des solutions de chlorure de potassium, l'adsorption porte à la fois sur le solvant et sur la substance dissoute, mais à l'équilibre le rapport $\frac{\text{Cl K}}{\text{H}^2\text{O}}$ est toujours plus grand dans la pellicule d'adsorption que dans la phase liquide.

Les courbes $x = f\ (c)$ où $x$ désigne la quantité d'électrolyte adsorbé, et $c$ la concentration de la solution à l'équilibre, ont toutes la même allure,

1. L. DE BROUCKÈRE. — *Annales de chimie*, 1933.

quelles que soient la nature de l'halogénure et la température. Tracées en coordonnées logarithmiques, elles comportent toujours deux parties rectilignes se raccordant par une courbure régulière. La première, inclinée d'environ 45° sur les axes, indique qu'en solutions suffisamment diluées, la quantité d'électrolyte adsorbé est à peu près proportionnelle à la concentration de l'halogénure dans la phase liquide; la seconde, parallèle à l'axe des abscisses, correspond à la saturation de la surface. Cette allure des isothermes s'explique dans l'hypothèse que le corps adsorbé forme à la surface de l'adsorbant une couche monomoléculaire. La quantité d'électrolyte nécessaire pour saturer la surface est toujours inférieure à ce qu'exigerait une pellicule continue. Elle est d'autant plus grande que le diamètre apparent des particules retenues est plus petit et elle est indépendante de la température. Ces constatations cadrent également avec l'hypothèse d'une pellicule monomoléculaire.

Le rapport entre le nombre des molécules de KCl et celui des molécules d'eau dans la pellicule augmente avec la température, d'où l'on peut conclure, conformément au principe de Le Châtelier, que l'adsorption du chlorure de potassium est moins exothermique que celle de l'eau. Dans le cas des halogénures très solubles et non hydrolysés, la quantité d'électrolyte adsorbé dépend beaucoup plus de la nature de l'anion que de celle du cation aussi longtemps que la surface est loin d'être saturée par l'électrolyte fixé. En particulier, la valence de l'ion positif ne semble jouer ici aucun rôle marqué. Cela s'explique si l'on admet que la majeure partie de l'électrolyte est fixée par adsorption directe des anions, les cations en nombre équivalent étant retenus par attraction électrostatique. Pour justifier cette hypothèse, Mlle de Brouckère a vérifié par quelques expériences d'électro-osmose que la surface de ses échantillons de sulfate de baryum était chargée positivement et devait donc retenir surtout les particules négatives.

Enfin les résultats obtenus avec le chlorure et l'iodure de cadmium, le chlorure mercurique, l'iodure de potassium en présence d'iode libre et le chlorure ferrique en solution dans l'eau pure et dans l'acide chlorhydrique de diverses concentrations, semblent prouver que les micelles et les molécules ou ions complexes sont plus fortement adsorbés que les molécules ou ions simples.

A. B.

***

**Viscosité et congélation de l'huile de ricin.**

L'huile de ricin qui, pendant longtemps, ne présentait que des applications pharmaceutiques, est aujourd'hui utilisée pour la fabrication du cuir artificiel, pour la savonnerie de luxe et surtout comme lubrifiant des moteurs d'avion. Dans un travail récent[1], M. Bourdiol a étudié quelques propriétés physiques de l'huile de ricin, intéressantes à connaître pour cette dernière application, notamment sa viscosité entre — 20° et + 95°, et les phénomènes qui accompagnent sa congélation à basse température.

Les mesures faites sur la viscosité à basse température montrent que l'huile de ricin, lorsqu'elle reste liquide, est relativement moins visqueuse à froid que la plupart des huiles de consistance analogue.

La congélation peut être produite de deux manières :

1° Un refroidissement de peu de durée provoque l'apparition de sphérolithes solides, formant, avec l'huile qui les baigne, une pâte qui se comporte comme la vaseline.

2° Un refroidissement de 7 jours à — 21° détermine, au contraire, une prise en masse et un durcissement complet, qui ne cesse que vers + 3°.

L'étude de la congélation au moyen du microscope polarisant permet de mettre en évidence les prinpaux facteurs de la congélation partielle de l'huile, c'est-à-dire de la précipitation des stéarides. Ceux-ci apparaissent dans les meilleures conditions possibles, entre — 20° et — 30°, sous forme de germes très petits, qui grossissent beaucoup mieux autour de germes préexistants, s'il s'agit d'une huile ayant déjà été congelée, soit autour de très petits corps étrangers quelconques. Ils peuvent naître cependant dans une huile ultra-filtrée, mais beaucoup plus difficilement.

M. Bourdiol a ensuite étudié du même point de vue certains constituants de l'huile de ricin. Il a ainsi constaté que le triricinoléide, glycéride prépondérant dans l'huile de ricin, reste longtemps en état de faux équilibre à — 20°, à l'état liquide. Il s'y solidifie à la longue, et le solide ne se ramollit que vers 0°. Au-dessus de cette température, il se transforme peu à peu en un liquide mésomorphe, aux propriétés curieuses, qui ne devient isotrope qu'au-dessus de 11°. Les autres constituants liquides de l'huile de ricin se comportent sans doute de même, mais présentent des retards beaucoup moins grands à la solidification. L'huile de ricin entièrement congelée est un mélange hétérogène d'une phase fibreuse ou mésomorphe, tenant en suspension des sphérolithes, parfois très petits, autour desquels la matière environnante oriente ses fibres en auréoles rayonnantes.

Du point de vue des applications à la lubrification des moteurs d'avion, pour laquelle la congélation, se produisant sous l'action prolongée du froid, peut avoir des effets désastreux, il est intéressant de savoir que cette congélation se produit autour des germes fournis par certains stéarides. En supprimant ces germes soit par dissolution fractionnée dans l'éther de pétrole, soit par filtraion tde l'huile partiellement congelée, ce qui ne modifie pas sensible-

1. Marcel Bourdiol. — *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 27, 1933.

ment les propriétés du liquide, celui-ci devient beaucoup plus difficilement congelable. En débarrassant l'huile de ricin de ces germes, on pourrait la rendre pratiquement incongelable sous nos climats et l'on éviterait ainsi bien des accidents.

A. B.

## § 2. — Sciences naturelles.

### Les sols de Norvège.

Une étude de K.-O. Bjorlykke, confirme un fait remarquable : la classification climatique ne suffit pas, il faut tenir compte de la géologie. Par exemple, sous le même climat, les roches éruptives basiques donnent des terres fertiles à forêts feuillues, les roches acides des terres propres seulement aux conifères.

Les sols de Norvège, relativement jeunes, car de formation glaciaire appartiennent à quatre régions climatiques :

1° Hauts sommets neigeux.

2° Norvège centrale sèche avec chutes de 250 à 500 millimètres d'eau et sol enrichi.

3° Région orientale à pluies moyennes (500 à 1.000 millimètres) et sol légèrement déclaré.

4° Région côtière à fortes pluies (1.000 à 3.000 millimètres) et sol fortement délavé.

Les sols cambro-siluriens du district d'Oslo sont chimiquement riches en potasse et sont les plus fertiles; leur réaction est tantôt légèrement acide, tantôt neutre, tantôt alcaline; en forêt les mêmes formations sont délavées et acides.

Il en est de même des phyllites de la Norvège centrale, riches et calcaires cependant par places.

Les sols dérivés de la sparagmite sont chimiquement pauvres, de même que les formations archéennes qui constituent 44 % de la surface de la Norvège. Ils sont partiellement recouverts de sables et boues glaciaires dont les profils ne sont pas encore mûrs.

Les roches volcaniques récentes donnent le plus souvent des sols riches.

Les argiles et les sables marins renferment jusqu'à 4,6 % de magnésie.

J. B. M.

## § 3. — Sciences médicales.

### Les vertus de l'acide carbonique.

Les traités et les dictionnaires répètent à l'envi que l'acide carbonique est un gaz qui n'entretient pas la vie. C'est un euphémisme pour dire que là où il domine, il la supprime. C'est peut-être aussi une erreur à certains points de vue, comme nous allons le voir. De toute façon, c'est un corps des plus suspects et depuis qu'il y a des professeurs de chimie et qui enseignent, la grotte du Pausilippe est l'exemple classique de tout le mal qui peut résulter de sa présence. On lit également de façon courante que l'acide carbonique est inerte et, à proprement parler, non toxique. Des recherches récentes ayant nos humeurs comme objet remettent en quelque mesure la chose en discussion. Toujours est-il que la méfiance semblait toute légitime à l'égard de cette substance et que rien ne paraissait la désigner pour faire partie de notre arsenal thérapeutique. C'est cependant ce qui est advenu.

C'est que la médecine n'a cure des jugements absolus rendus par les autres sciences. Elle n'admet comme définitifs que les résultats de ses propres investigations, de ses expérimentations et de son contrôle qui font intervenir le relatif. Elle est coutumière, en outre, d'utiliser à des fins louables des principes qui, en des mains moins averties et moins prudentes, seraient redoutables dans leurs effets. Elle manie les plantes génératrices de poisons violents et d'inquiétants produits chimiques pour le plus grand bénéfice d'une foule de malades. Ne l'avons-nous pas vue, en ces derniers temps, se servir du venin des serpents avec un succès inattendu ?

Les physiologistes ont donc étudié avec un soin minutieux les effets de l'acide carbonique sur l'organisme de nos frères inférieurs, éternelles victimes de notre passion de savoir, afin d'en tirer des déductions en ce qui concerne le nôtre. Ils ont alors découvert qu'il possède toute une série de propriétés des plus intéressantes et qu'il était, en somme, un grand méconnu. Ces propriétés, ce n'est que très récemment que l'on s'est avisé de les mettre à profit.

En ce qui regarde cette fonction primordiale qu'est la respiration, on tenait communément qu'elle n'avait affaire à l'acide carbonique que pour expulser cet indésirable déchet. Or, un des premiers points acquis est qu'en l'absence de ce gaz elle ne pourrait probablement pas s'accomplir de façon satisfaisante. Ce serait du paradoxe si n'intervenait pas ici cette notion de relativité dont je parlais tout à l'heure. Un animal plongé dans un bain d'acide carbonique pur succombe avec rapidité. Mais remplacez, dans l'expérience, l'acide carbonique par l'oxygène et il succombera de même. Ce qui lui est nécessaire pour vivre, c'est l'union de l'un et de l'autre de ces gaz, dans des proportions qui ne sont peut-être pas aussi rigoureuses qu'on le pourrait croire.

Ceci est connu d'assez vieille date. A cette découverte ont attaché leur nom des hommes comme Mieschener, Mosso, Haldane, etc. L'un d'entre eux avait même fondé sur cette constatation une théorie du bien connu mal des montagnes qu'il est permis de trouver discutable. Quoi qu'il en soit de ce sujet spécial, ils ont observé que l'acide carbonique est indispensable en tant qu'excitant du centre respiratoire situé dans le bulbe. Quand il fait défaut, ce centre s'engourdit et cesse de fonctionner. On voit que c'est là un rôle qu'on peut tenir pour fondamental.

De ce premier principe est issue une application des plus intéressantes. Dans le traitement des asphyxies par les gaz toxiques (oxyde de carbone, gaz d'éclairage, gaz de combustion), la conduite à tenir est maintenant bien réglée. On pratique sans désemparer, par le procédé de Schaeffer (que je n'ai pas à décrire), la respiration artificielle. Pour la rendre

plus efficace encore, on introduit, dans les voies aériennes de l'accidenté, de l'oxygène au moyen d'un masque spécial. Or, on a remarqué que lorsque l'homme a repris tant bien que mal l'usage de ses poumons, si l'on continue à lui faire inhaler de l'oxygène, sa respiration se ralentit,, et un nouveau risque d'asphyxie apparaît. D'où la nécessité de surveiller de près celui que l'on tente de sauver et de lui laisser respirer l'air total au bout d'un certain temps. M. Yandell Henderson a proposé une méthode plus efficace, qui consiste à mélanger à l'avance, à l'oxygène que l'on dispense de la sorte, une certaine quantité d'acide carbonique, le mélange contenant environ 5 % de ce dernier. Le procédé, appliqué par plusieurs centres de secours, et notamment par les équipes des sapeurs-pompiers de Paris, donne des résultats très supérieurs à ceux que fournissait la méthode employée jusqu'alors. Je passe sur l'explication, un peu longue à reproduire, qui a été donnée de cette suite de phénomènes, pour en venir à une autre application du même principe établi par les physiologistes.

Il s'agit non plus d'une asphyxie accidentelle, mais d'une autre, que l'on pourrait dire voulue, l'anesthésie chirurgicale. Le sujet qui la subit se trouve dans des conditions tout ce qu'il y a de plus anormales. L'atmosphère d'éther, par exemple, où on le contraint de respirer, si mélangée d'air qu'elle soit, ne lui convient en aucune façon. L'organisme, malgré lui, se défend contre sa situation inhabituelle en réduisant son rythme respiratoire ou en le rendant irrégulier, ceci d'autant mieux que des éléments psychiques sont intervenus dès le début pour exagérer cette résistance instinctive. Si l'on adjoint à l'anesthésique une petite quantité d'acide carbonique, celui-ci influence d'heureuse façon le centre nerveux dont j'ai parlé, la régularité de la fonction se rétablit, les mouvements respiratoires se font plus amples. De là des conséquences éminemment favorables : la quantité d'éther nécessaire pour annihiler la sensibilité est réduite d'autant; l'anesthésie marche à la satisfaction de tous et le choc qui la suit si souvent est supprimé en grande partie. Ce procédé requiert, à la vérité, une connaissance parfaite de la question et une certaine expérience, étant délicat à réaliser.

Ce n'est pas seulement au cours de l'anesthésie que l'acide carbonique peut rendre de grands services, mais aussi lorsqu'il se produit quelqu'une de ces syncopes qui surviennent parfois, malgré toutes précautions prises. La majorité de ces incidents sont dus, à n'en pas douter, à une inhibition du centre respiratoire. Il s'ensuit que si l'on excite celui-ci on a des chances de parer au péril menaçant. Faisons remarquer en passant que nous sommes aujourd'hui bien armés contre ces sortes de rançons de la suppression totale de la douleur en chirurgie : inhalations d'acide carbonique et injections intra-cardiaques d'adrénaline constituent un progrès inappréciable sur les méthodes d'un passé proche où l'on n'avait à sa disposition que la respiration artificielle. Celle-ci continue, d'ailleurs, à demeurer à la base du secours d'urgence apporté au malheureux qui risquerait de ne pas s'éveiller de ce tragique sommeil.

En dehors même de l'anesthésie générale dispensée par l'éther et le chloroforme, on peut encore trouver une puissante ressource, au cours de celle qui résulte de la cocaïnisation de la moelle épinière, dans les inhalations d'acide carbonique qui jugulent rapidement les menus accidents pouvant résulter de l'atteinte du centre bulbaire.

Les physiologistes, au cours des expérimentations minutieuses auxquelles j'ai fait allusion, ont découvert d'autres vertus à l'acide carbonique que celle qui consiste à exciter ce centre respiratoire. Ils ont notamment constaté qu'il détermine une dilatation très marquée des vaisseaux superficiels. Ils ont noté, en outre, que cette dilatation s'accompagne, comme il est logique, d'une chute de la pression artérielle, à la condition que la quantité d'acide carbonique absorbée ne soit pas trop forte, sans quoi c'est à une hypertension que l'on aboutit. Au demeurant, dans l'utilisation de l'acide carbonique suivant les procédés nouveaux, il semble qu'il n'y ait plus variations, mais stabilisation et régularisation de la tension artérielle, ce qui est déjà quelque chose de très intéressant.

Ces phénomènes sont indépendants de la façon dont le gaz est absorbé. Qu'on le fasse respirer au patient, qu'on le lui injecte sous la peau, qu'on le lui dispense sous forme de bains carbo-gazeux, le résultat est le même avec quelques différences de degré. C'est, reconnaissons-le, une chose que les médecins qui exercent dans les stations thermales où l'acide carbonique s'échappe en bulles serrées de l'eau des bains avaient déjà observée. Cependant, il a fallu les travaux actuels pour prouver que la peau est parfaitement susceptible d'absorber l'acide carbonique et que le bain était, en conséquence, un mode d'administration efficace.

Modernes aussi sont les études qui ont permis de savoir quelles étaient les maladies les plus particulièrement justiciables de la thérapeutique en question. Il convient de mettre en tête de la liste deux affections qui sont parmi les plus douloureusement angoissantes : l'angine de poitrine et la claudication intermittente. On parle trop de la première (et souvent alors qu'elle n'est nullement en cause) pour que je m'étende sur ce sujet, quoiqu'il puisse être bon de refréner une tendance exagérée au pessimisme à son égard. Quant à la seconde, elle fait partie de ces spasmes artériels dont j'ai parlé il n'y a que peu de temps et qui sont à la fois fort désagréables et parfois de fâcheux augure.

Il semble qu'au moins en ce chapitre ce soient les injections sous-cutanées d'acide carbonique qui fournissent les meilleurs résultats, et ceux-ci sont très remarquables. Le gaz que l'on emploie est tantôt celui que fournit l'industrie, tantôt celui que nous dispensent les sources thermales elles-mêmes. Parfois, pour apporter au premier ces qualités spéciales que recèle l'eau vivante venue des profondeurs du

sol, on a pensé à le radioactiver. Quelle que soit l'origine du remède, il nous faut noter que certains de ceux qui l'utilisent en pareil cas tiennent pour simplement merveilleux les effets qu'il produit.

Il eût pu paraître naturel d'employer aussi les injections ou les inhalations d'acide carbonique pour traiter l'hypertension artérielle, cette hantise de certains esprits trop épris de chiffres et d'absolu et qui méconnaissent la complexité d'un problème de ce genre. Jusqu'à présent, nous devons considérer que la question demeure à l'étude, malgré l'influence certaine des bains carbo-gazeux sur cet équilibre circulatoire nécessaire à la santé. Remarquons d'ailleurs que, dans les réussites enregistrées en cas d'angine de poitrine et de claudication intermittente, il faut sans doute faire entrer en ligne de compte l'action analgésique, sédative et antispasmodique qui est encore une des vertus de l'acide carbonique. Ceci n'est nullement pour diminuer la valeur de cette médication, mais pour montrer à quelles difficultés l'on se heurte quand on veut comprendre un phénomène biologique, alors même que ce phénomène est parfaitement établi et qu'on peut le reproduire à sa guise.

Ce n'est pas tout ce que les physiologistes nous ont appris; ce n'est peut-être pas tout ce qui sortira d'heureux de leurs recherches, mais il faut savoir se borner, ceci d'autant que les acquisitions que j'évoque très superficiellement ne sont pas, si j'ose dire, encore au point. C'est ainsi qu'il a été question de certaines sécrétions glandulaires qui sont accrues par ce gaz, mais comme nous en sommes encore à la phase expérimentale, on m'excusera de ne pas insister.

La médecine étant par-dessus tout un art basé sur l'observation, il semblera tout naturel de mentionner qu'avant ces explorations minutieuses et vraiment scientifiques des praticiens avaient constaté déjà quelques-unes de ces précieuses propriétés d'un gaz qu'en général on tenait pour plutôt nocif. C'est ainsi que des précurseurs employaient les bains secs d'acide carbonique au dix-neuvième, si ce n'est au dix-huitième siècle, que d'autres n'hésitaient pas à introduire l'acide carbonique dans la vessie et même dans d'autres cavités naturelles. Un autre vantait son efficacité — qui malheureusement n'a pas été confirmée — dans la tuberculose pulmonaire et dans la coqueluche. Quelques-uns ne se contentaient pas de faire inhaler ce gaz, ils l'injectaient sous la peau et à des doses parfois un peu surprenantes. Enfin, rappelons une fois de plus que les praticiens de certaines stations thermales avaient constaté, empiriquement peut-être, mais avec certitude, combien étaient heureusement influencés les malades qu'on leur confiait pour leur dispenser les bains carbo-gazeux dont ces spécialistes avaient l'expérience.

De l'empirisme à la science, c'est la marche historique de l'art de guérir. Nous faisons souvent ce qu'avaient déjà fait nos devanciers, seulement nous le faisons mieux et à meilleur escient, parce que nous avons compris ce qu'ils n'avaient fait que constater. Et nous avons étendu et précisé les limites de leur action bienfaisante, à mesure que notre savoir s'accroissait. Le chapitre de l'acide carbonique n'est peut-être pas inédit dans toutes ses parties. Ce n'en est pas moins un de ceux où nous avons appris le plus de choses nouvelles et où se perçoit le plus nettement tout ce que peut apporter de favorable dans notre lutte éternelle contre le mal l'union de la recherche scientifique et de l'observation clinique, condition essentielle des progrès de la médecine.

Docteur Henri BOUQUET.

## § 4. — Géographie.

### Les grands canaux en Cochinchine.

Les terres des régions basses de la Cochinchine sont à un niveau très voisin de celui des hautes mers. Les fleuves nombreux et importants qui traversent le sud et l'ouest de ce pays sont influencés, loin dans l'intérieur, par le mouvement des marées; le volume d'eau qu'ils roulent est d'ailleurs considérable. La rivière de Saïgon, le Donnaï, sont des cours d'eau ayant quinze mètres et plus de profondeur; leur largeur est telle qu'à Saïgon les grands paquebots longs de 170 mètres ayant remonté la rivière depuis le cap Saint-Jacques peuvent virer face à la place Rigault-de-Genouilly pour se placer à l'appontement où s'effectuent leurs opérations d'embarquement et de débarquement. Quant au Mékong, c'est un fleuve énorme, aux crues formidables, venant de l'Himalaya et qui se ramifie avant d'atteindre la mer pour former un delta immense en Basse-Cochinchine[1]. Entre ces grands cours d'eau et leurs principaux affluents existent de très nombreux canaux d'importance diverse qui s'anastomosent en entourant les terres cultivées, presque toutes des rizières, parfois de petits champs de canne à sucre ou de manioc, ou de petits bouquets d'aréquiers au tronc si grêle qu'ils semblent avoir peine à porter tout en haut un panache de feuilles et une grappe de noix à bétel. Mais c'est la rizière qui domine à tel point que rizière devient synonyme de Sud-Ouest cochinchinois. Les innombrables canaux constituent des voies de pénétration et de transport extrêmement utilisées. Sur l'eau l'Annamite est sur son élément. Sa case est plantée au bord d'un canal ou d'un arroyo et lorsque la rizière est inondée l'eau détrempe le sol de terre battue à moins, ce qui est fréquent, que le léger édifice n'ait été construit sur pilotis. Lorsqu'on circule dans ce riche pays rien n'est plus joli ni plus curieux que d'apercevoir au loin la voile carrée d'un sampan qui semble glisser sur un champ de paddy comme à la surface d'une mer tranquille. Pour peu que le ciel soit très pâle et l'horizon légèrement voilé on a l'illusion de se trouver transporté

1. Une réminiscence d'histoire monte à l'esprit lorsqu'on parle des grands fleuves d'Extrême-Orient. Henri IV disait que la Charente était « le plus beau fossé de son royaume! » Que sont les quatre ou cinq mètres de profondeur de ce placide fleuve côtier en face des 50 mètres du Mékong!

dans les Pays-Bas, mais les nhaqués aux yeux bridés rappellent vite que l'on est en Extrême-Asie.

Une politique de l'eau fut nécessaire à l'époque de la conquête pour assurer le maintien de l'ordre en améliorant les communications par eau. Aujourd'hui la situation a complètement changé et, après 70 ans de présence dans ce pays à population entièrement agricole et pacifique, c'est à des buts d'ordre purement économique que servent depuis fort longtemps d'ailleurs les divers canaux. Plus ils sont nombreux, plus les échanges commerciaux, dont le riz est le principal objet, sont facilités et plus l'agriculture ressent les bienfaits de l'eau.

Le creusement des canaux entraîne des travaux de dragage considérables. Quelques chiffres [1] diront l'importance de l'œuvre accomplie. Cette œuvre est bien du nombre de celles qui font honneur à la colonisation pacifique française. Plus de quinze cents kilomètres de canaux dont quelques-uns sont de véritables rivières aux eaux calmes soumises simplement au faible mouvement provoqué par la marée. Depuis quelques années on drague au rythme annuel de six à dix millions de mètres cubes. Depuis 1866 on totalise à cent-soixante-cinq millions de mètre cubes le volume des terres enlevées pour creuser les canaux. On fait observer que ce chiffre est du même ordre de grandeur que ceux concernant le canal de Suez ou le canal de Panama.

Le prix de revient de ce travail s'est abaissé à 0,15 piastres le mètre cube en 1927, inférieur de moitié à celui des dragages de Suez par exemple.

1. Olivier Pichot, *L'Economiste Français*, 30 janv. 1932.

Les conséquences économiques de ces travaux ont été des plus heureuses.

La batellerie s'est développée, le nombre des chaloupes à vapeur et à moteur qui était de 59 en en 1908 est aujourd'hui de plus de 191 unités de plus de 30 tonnes.

Au point de vue agricole les rizières ont plus que sextuplé de surface en cinquante ans : 349.000 hectares en 1878 et 2.400.000 hectares actuellement.

De 1923 à 1928 l'accroissement annuel moyen de la superficie consacrée à la rizière a été de quarante mille hectares.

On comprend, dans ces conditions, toute l'importance que prend l'ouverture d'un nouveau canal tel que celui de Rachgia à Hatien (près la frontière du Siam) surtout lorsqu'elle est accompagnée, de la création de villages annamites, au nombre de trois, dans la région. Le creusement de ce canal, parallèle à la côte, long de 81 km., profond de 3 m. 50 à 3 m. 80, a demandé l'extraction de 7.200.000 $m^3$ de terres. A ce canal sont reliés quatre canaux destinés à drainer l'arrière-pays. La construction de ces canaux a présenté des difficultés provenant du fait qu'il a été nécessaire de dessoucher préalablement la vase, puis, souvent, d'enlever des troncs d'arbres enfouis à un mètre ou deux de profondeur, enfin il a fallu travailler dans une vase fluente et, manquant évidemment d'eau potable, il a fallu pour alimenter ces chantiers l'amener de cinquante kilomètres dans des bateaux-citernes. Toutes ces difficultés ont été surmontées et ainsi, à nouveau, nous avons montré notre désir d'apporter aux populations de notre colonie la paix française.

M. R.

# UNE CHIMIE QUI SE CRÉE

## Les isotopes de l'hydrogène et leurs combinaisons.

La découverte récente des isotopes de l'hydrogène ($H_1$ — $H_2$ et probablement $H_3$)[1] vient de faire entrer la question de l'isotopie dans une voie toute nouvelle. Les différences de propriétés présentées par 2 isotopes doivent en effet être d'autant plus importantes que la différence relative de leurs masses atomiques est plus grande, et jusqu'à ces dernières années, les isotopes connus étant de poids atomiques relativement élevés, ces différences étaient trop faibles pour apporter des modifications sensibles aux propriétés de l'élément; l'intérêt de l'isotopie était purement théorique.

Il n'en est plus de même maintenant, et l'histoire de l'isotopie montre une fois de plus que toute découverte scientifique est appelée à avoir un jour ou l'autre des applications pratiques.

L'isotope de l'hydrogène $H_2$, dont la masse atomique est sensiblement double de celle de l'hydrogène ordinaire, se différencie en effet suffisamment de celui-ci pour qu'on le considère presque comme un élément de la même famille plutôt que comme un isotope; c'est ainsi que, bien que la concentration de l'isotope $H_2$ dans l'eau ordinaire soit inférieure à 1/5.000e, il a suffi de quelques mois pour obtenir de l'eau lourde ($H_2OH_2$) à l'état pur, ce qui est peu de chose, si l'on se rappelle que l'isolement de certains éléments des terres rares a demandé des années de travail.

Afin de donner une idée sur les propriétés de ce nouvel isotope, indiquons dès maintenant les principales constantes de son oxyde, l'eau lourde.

Cette eau lourde, obtenue pour la première fois à l'état pur par Lewis et par Donnald, fond à + 3°8 et bout à 101°42 sous la pression atmosphérique; sa densité à 25° est 1,1056 et son indice de réfraction pour la raie D 1,3280 (contre 1,3329 pour l'eau ordinaire); de même que l'eau ordinaire, elle présente un maximum de densité, mais à 11°6 au lieu de 4°; sa viscosité est légèrement plus grande (12,6 poises à 20° au lieu de 10) et son pouvoir dissolvant un peu plus faible; c'est ainsi qu'à 25°, alors qu'une molécule d'eau ordinaire dissout 0,111 molécule de NaCl, une molécule d'eau lourde n'en dissout que 0,103, soit 7 % de moins; avec le $BaCl^2$, l'écart est de 11 %; la mobilité des ions y est nettement plus petite (54,5 pour $K^+$ au lieu de 64), son $p_{H_2}$ serait voisin de 6,8.

1. Par convention, nous indiquerons en indice la mas e de l'isotome considiré.

Etant donné le rôle particulièrement important que joue l'hydrogène dans la nature en général et dans les phénomènes vitaux en particulier, il est presque inutile d'insister sur l'importance de cette découverte. Toute une chimie nouvelle est à créer, qui fournira un nombre incalculable de nouveaux composés hydrogénés, résultant du remplacement plus ou moins complet de leur hydrogène actuel par de l'hydrogène lourd. C'est ainsi que l'on peut prévoir l'existence de 24 alcools éthyliques, de 13 benzènes, de plusieurs milliers de cocaïnes. Les propriétés de ces nouvelles combinaisons vont varier de façon progressive au fur et à mesure que se poursuivra la substitution, en sorte que, pour les corps de poids moléculaire élevé, on passera de façon pratiquement continue du composé le plus léger au composé le plus lourd.

Les variations de propriétés n'étant dues qu'à des substitutions isotopiques, ces nouveaux composés seront malgré tout assez semblables aux anciens, mais, si l'on songe à l'extrême délicatesse des organismes vivants, il est impossible de prévoir l'importance des modifications qui seront apportées à leurs propriétés physiologiques et il est permis d'espérer que la découverte de cet isotope contribuera à nous fournir de nouveaux agents thérapeutiques. C'est ainsi que l'eau lourde elle-même aurait des propriétés physiologiques différentes de celles de l'eau ordinaire, bien que l'on ne possède encore sur ce sujet que des données très incertaines.

Indépendamment de la préparation de composés nouveaux, cet hydrogène $H_2$ est susceptible de rendre quelques services toutes les fois où il serait intéressant de pouvoir individualiser certains atomes d'hydrogène, par exemple dans les études de structure moléculaire, quoiqu'il faudrait peut-être craindre des échanges rapides entre cet $H_2$ et les $H_1$ voisins.

Signalons enfin que le noyau de cet hydrogène lourd se serait montré un excellent projectile de désintégration atomique.

Cet aperçu très général suffit à nous montrer que le champ ouvert aux recherches scientifiques est considérable, et qu'autour de ce simple isotope peuvent se grouper et collaborer un nombre pratiquement illimité de chercheurs. C'est pourquoi il ne nous a pas paru superflu de retracer rapidement l'histoire de sa découverte.

### Historique.

a) *Découverte de $H_2$.* — Lors de la découverte des isotopes, l'hypothèse fut aussitôt émise que

l'excédent de masse de l'atome d'hydrogène sur l'unité était dû à la présence d'un atome d'hydrogène de masse 2 et dès 1919, Stern et Volmer essayaient de mettre cet isotope en évidence, mais sans succès. Huit ans après, la mesure de la masse réelle de l'atome d'H, par Aston, parut apporter l'explication de cet échec; la valeur fournie par Aston ($H = 1,00778$) était en effet si voisine de celles des chimistes ($H = 1,00777$) qu'il n'y avait plus aucune raison de soupçonner l'existence d'un hydrogène de masse 2.

Mais la découverte des isotopes de l'oxygène (Giauque et Johnston) montra que la belle coïncidence qui existait entre les mesures de Aston et celles des chimistes, n'était que le résultat d'une remarquable compensation; la base choisie par Aston (atome d'oxygène de masse 16) et celle des chimistes (mélange des isotopes $O_{16} - O_{17} - O_{18}$) n'étaient en effet pas les mêmes. Ramenant les 2 valeurs au même étalon, Birge et Menzel observèrent un écart qui, quoique faible, était supérieur aux erreurs expérimentales, et ils calculèrent que la présence de 1/4.500e de $H_2$ dans l'hydrogène ordinaire suffirait à expliquer cette différence.

Par ailleurs, nos connaissances sur la structure interne des noyaux ont fait de grands progrès au cours de ces dernières années et plusieurs systèmes périodiques ont été proposés, dans lesquels existent des cases vides, notamment pour les noyaux $H_2$ et $H_3$, en sorte que l'on possédait d'assez fortes raisons théoriques de croire à l'existence d'isotopes de l'hydrogène et c'est sans doute ce qui incita Allison à interpréter par l'existence de 2 atomes d'hydrogène, les 2 minima observés par lui, près d'un an auparavant, lors de l'étude magnéto-optique des solutions aqueuses des principaux acides.

Mais jusqu'au début de 1932, l'atome d'H de masse 2 n'était que soupçonné et la preuve incontestable de son existence a été faite par Urey, Brickwedde et Murphy. Ces auteurs ont appliqué une méthode fort élégante qui consiste à photographier le spectre atomique de l'H et à surexposer jusqu'à ce que quelque chose de nouveau apparaisse sur la plaque. Lorsque le temps de pose eut atteint 4.000 fois la durée nécessaire à l'obtention d'une belle photographie du spectre habituel, des lignes très pâles apparurent à côté des raies $H_\beta$, $H_\gamma$ et $H_\delta$, aux positions calculées pour le spectre de $H_2$. Ces lignes ne pouvaient d'ailleurs pas être prises pour les fantômes qui accompagnent toujours un spectre fortement surexposé, car elles n'avaient pas de symétrique. Mais ces auteurs apportaient encore une preuve supplémentaire; l'évaporation d'H liquide, sous une pression un peu supérieure à celle du triple point, leur a en effet permis d'accumuler l'isotope lourd dans les dernières portions distillées, et il suffisait alors d'une pose 800 fois plus longue que la pose normale pour voir apparaître le spectre de $H_2$. Admettant une proportionnalité entre le temps de pose et la concentration, Urey et ses collaborateurs concluaient à la présence de 1/4000 de $H_2$ dans l'H ordinaire.

L'existence de cet isotope $H_2$ fut rapidement confirmée par différents auteurs, mais les avis furent très partagés quant à sa proportion probable dans l'hydrogène ordinaire. C'est ainsi que Bleakney, étudiant au spectrographe de masse la concentration en ions $(H_1H_2)^+$ de différents échantillons d'H, aboutissait à la conclusion que la concentration de l'isotope $H_2$ était seulement de l'ordre de 1/30.000e Kallmann et Lazareff, utilisant une méthode analogue, en trouvaient environ 1/40.000e, Hardy, Barker et Denison, photographiant le spectre d'absorption infra-rouge de l'HCl, parvenaient à fixer la position de 19 raies appartenant à $H_2Cl_{35}$, de 17 autres dues à $H_2Cl_{37}$ et estimaient à 1/35.000 la proportion de l'isotope $H_2$.

Urey, Brickwedde et Murphy suggérèrent alors une explication plausible des différences existant entre leurs conclusions et celles de ces auteurs; on sait en effet que les intensités relatives des différentes raies émises par un gaz peuvent être fortement influencées par des réabsorptions du rayonnement par le gaz lui-même; dans le cas actuel, ce phénomène provoquerait l'augmentation relative du rayonnement le plus faible et conduirait donc à une surestimation de la proportion de l'isotope $H_2$. Une photographie prise latéralement à leur tube de décharge leur apporta en effet une baisse très sensible de l'intensité relative des raies de $H_2$.

Quelques autres travaux ont été effectués dans le but de préciser les proportions relatives de ces 2 isotopes et, d'une manière générale, ils parurent devoir confirmer l'extrême rareté de $H_2$. Citons T. Tate et Smith (1/30.000e), Rank (1/30.000e) Menzel et Unsöld, qui estiment à 1/100.000e le rapport $H_2/H_1$ dans le soleil, enfin Kallman et Lazareff, qui pouvant à peine déceler les ions triatomiques $(H_1 H_1 H_2)^+$, pensent que la proportion de $H_2$ est inférieure à $10^{-6}$.

Comme on le voit, on est loin de la concentration de 1/4.500e prévue par Birge et Menzel. Il convient toutefois de remarquer que la plupart de ces expériences ont été effectuées sur l'hydrogène lui-même, et probablement sur de l'hydrogène électrolytique. Or, nous allons voir que l'électrolyse de l'eau est un procédé remarquable de séparation des 2 isotopes, l'isotope lourd se concentrant dans l'eau non électrolysée, en sorte qu'il est fort probable que l'hydrogène utilisé par ces

auteurs se trouvait appauvri en $H_2$, d'une quantité fonction de l'âge de la cellule électrolytique d'où il provenait. Des mesures récentes, effectuées par Bleakney et Gould, sur de l'hydrogène provenant de la réduction complète de l'eau de pluie par du fer, semblent prouver qu'il en est bien ainsi, puisqu'ils aboutissent à une concentration de 1/5.000e en $H_2$.

b) *Isolement et préparation de l'isotope $H_2$.* — La grande différence de masse existant entre $H_1$ et $H_2$ amena un assez grand nombre de savants à entreprendre la séparation de ces 2 isotopes. De nombreuses méthodes furent essayées, telles que la distillation fractionnée de l'hydrogène liquide (Urey, Brickwedde et Murphy), l'absorption et l'extraction fractionnée de l'hydrogène sur le C actif à la température de l'air liquide (Taylor, Gould et Bleakney) la diffusion (Hertz, Farkas), la distillation fractionnée de l'eau, avec une colonne rectificatrice de 7 mètres de haut (Lewis et Cornish), l'absorption de l'eau elle-même par le C actif (Wasburn et Smith); d'autres furent proposées, telles que l'attaque du Fe ou du Zn par l'acide chlorhydrique, l'$H_2$ devant se concentrer dans l'acide n'ayant pas réagi. Mais jusqu'à ce jour, la méthode de choix est incontestablement celle de Wasburn et Urey : l'électrolyse de l'eau. Se fondant, d'une part sur l'existence probable d'une différence sensible entre les potentiels d'électrode de ces 2 isotopes, d'autre part sur les différences de mobilités de leurs ions $H_1^+$ et $H_2^+$, ces auteurs pensèrent que les résidus de l'électrolyse commerciale de l'eau devaient contenir une proportion d'isotope $H_2$ différente de l'eau ordinaire; plusieurs échantillons d'eau provenant de vieilles cellules électrolytiques furent examinés au spectroscope et une augmentation sensible de la proportion de l'isotope $H_2$ y ayant été observée, ils entreprirent l'électrolyse systématique de l'eau, en opérant sous une différence de potentiel aussi voisine que possible du potentiel minimum d'électrolyse (expérience effectuée au Bureau of Standard). La séparation des isotopes fut beaucoup plus rapide qu'ils ne l'espéraient; de plus, elle s'effectue presque sans surveillance et il n'est nullement nécessaire de soigner spécialement la différence de potentiel aux bornes. La théorie du phénomène n'est pas encore bien connue; tout ce que l'on peut dire, c'est que la différence pouvant exister entre les potentiels d'électrode de $H_1$ et de $H_2$, pas plus que les différences de mobilité de leurs ions ne suffisent à l'expliquer et qu'il est probable que la cause principale résiderait dans une grande différence de leurs énergies d'activation.

Cette méthode fut appliquée sur une assez grande échelle par Lewis et ses collaborateurs qui, de proche en proche, sont arrivés à isoler l'eau lourde à l'état pur. Les opérations sont conduites comme suit :

On part d'un volume V de soude 0,5 N que l'on amène par électrolyse au volume $\frac{V}{10}$. La solution est alors 5N; on la divise en 2 portions, 1/10 qui qui est conservé tel quel et 9/10 que l'on neutralise par le $CO^2$ sec, puis distille. Le mélange de ces deux portions redonne une solution 0,5 N que l'on traite de même.

Au début, l'hydrogène dégagé est abandonné, mais au fur et à mesure que la concentration en $H_2OH_2$ se poursuit, l'H qui se dégage est de plus en plus riche en $H_2$; on le brûle et l'eau ainsi obtenue est ramenée dans le cycle au point voulu.

La séparation paraît être plus rapide à froid qu'à chaud, aussi ne dépasse-t-on pas la densité de courant de 0,5 amp/cm² et refroidit-on le bac électrolytique par circulation d'eau.

Le débit de la préparation n'est d'ailleurs fonction que de la masse d'eau traitable en un temps donné, c'est-à-dire du nombre d'ampères dont on peut disposer, et le prix de revient de l'eau lourde n'est guère fonction que de celui de l'énergie électrique. Etant donnée la masse considérable d'eau qu'il faut électrolyser pour obtenir 1 c.c. d'eau lourde (100 litres si l'on ne tient pas compte de l'$H_2$ récupérable dans le gaz, ce qui correspond à environ 500 kw-heure) cette eau lourde reviendrait assez chère à celui qui voudrait la préparer par lui-même; mais l'$H_1^2$ et l'$O^2$ libérés ayant une valeur commerciale non négligeable, il est probable que l'on pourrait préparer à bon compte d'assez grandes quantités d'eau lourde, à la simple condition d'associer cette préparation à celle de l'hydrogène industriel.

La quantité d'eau lourde obtenue en Amérique par ce procédé, serait actuellement de plusieurs centaines de cm³; quelques installations fonctionneraient depuis peu en Angleterre et en France.

L'électrolyse amenant une séparation des isotopes de l'hydrogène, on était en droit de se demander si elle n'apportait pas également un enrichissement en $O_{18}$ et différentes méthodes d'analyse isotopique complète de l'eau ont été proposées; celle de Selwood et Frost est particulièrement démonstrative. Elle consiste à décomposer l'eau lourde en hydrogène et oxygène que l'on combine ensuite respectivement avec de l'oxygène et de l'hydrogène ordinaire; à cet effet, l'eau lourde est réduite par le Fe au rouge; l'hydrogène formé est brûlé par passage sur de l'oxyde de Cu et l'oxyde de fer réduit par de l'$H_1$; des mesures d'indices, de densité, etc., effectuées sur les 2 eaux obtenues permettent d'apprécier l'enrichis-

sement relatif en $H_2$ et $O_{18}$. Appliquée à de l'eau lourde électrolytique, cette méthode à montré que l'enrichissement en $O_{18}$ n'était pas appréciable; l'eau lourde d'origine électrolytique est donc bien $H_2OH_2$.

c) *Principales réactions connues.* — Quelques réactions de l'eau lourde ont déjà été étudiées, notamment des réactions d'échange entre $H_2$ et $H_1$, telle que :

$$H_1\,OH_2 + NH_1{}^3 \rightarrow H_1\,OH_1 + NH_1{}^2\,H_2$$

qui s'effectue par simple dissolution de l'$NH_1{}^3$ dans de l'eau contenant de l'eau lourde et que l'on manifeste facilement par la diminution de la densité de l'eau ainsi traitée (Lewis).

Citons également la préparation de l'ammoniac lourd par action de l'eau lourde sur le nitrure de Mg (Taylor et Jungers).

L'$H_2$ lui-même a été l'objet de quelques études. Bainbridge a mesuré sa masse atomique exacte au spectrographe de masse $H_2 = 2{,}0136$; A. et L. Farkas ont déterminé récemment la constante d'équilibre de la réaction $H_2H_2 + H_1H_1 = 2H_1H_2$; à la température ordinaire, $K = \frac{[H_2{}^2]\,[H_1{}^2]}{[H_1\,H_2]^2}$ serait voisin de 1/3. Enfin, Cleave et Grubb ont émis l'hypothèse que l'hydrogène actif de Hiedemann, dont les propriétés sont très discutées, n'était peut être que cet isotope $H_2$.

Quant à l'isotope $H_3$, Latimer et Young viennent de le mettre en évidence par étude magnéto-optique de l'eau lourde. La concentration de $H_3$ dans l'eau lourde serait du même ordre de grandeur que celle de $H_2$ dans l'eau ordinaire.

**Nomenclature.**

L'hydrogène lourd étant appelé à jouer un rôle assez important en chimie, des questions de nomenclature se sont posées; Urey, Brickwedde et Murphy ont proposé d'appeler l'isotope $H_1$ protérium et l'isotope $H_2$ deutérium, les symboles correspondant étant H et D, en sorte que l'eau lourde serait $D^2O$; Lord Rutherford préférerait les noms de hydrogène et diplogène, qui conduisent aux mêmes symboles. Enfin, dans le but de ne pas créer un précédent qui pourrait conduire à donner un nom nouveau à tous les isotopes, un symbolisme plus général a également été proposé; il consiste à indiquer la masse de l'isotope par un chiffre placé à gauche du symbole de l'élément. L'hydrogène de masse 2 serait ainsi $^2H$. Que l'on me permette de préférer la notation adoptée dans cet article, qui, je pense, rendrait plus lisibles les formules tant soit peu compliquées; l'acide sulfurique ordinaire (lorsqu'il serait utile de préciser que c'est bien de lui qu'il est question) s'écrirait en effet $S_{32}O_{16}^4H_1^2$ au lieu de $^{32}S^{16}O^{44}H^2$. Si l'on appliquait la notation internationale, on aurait de même $S^{32}O_4^{16}H_2^1$ au lieu de $_{32}S\,_{16}O_4\,_1H_2$.

**Maurice Dodé,**
Ingénieur au Collège de France,
Chimie minérale.

# LA FOUDRE ET SA FORME GLOBULAIRE

§ 1. — **Introduction.** — Si une décharge électrique se produit entre un nuage et le sol, ou entre deux nuages, l'*éclair* est le phénomène lumineux, le *tonnerre* le phénomène sonore, la *foudre* le phénomène total.

Le danger est dans l'éclair, instantané et éblouissant; le tonnerre bruyant, aux roulements prolongés, est inoffensif; cependant, de tout temps et dans tous les pays, le peuple craint le tonnerre et, dans son vocabulaire, confond la partie avec le tout.

Dans sa célèbre *Notice*, Arago remarque que si, dans son trajet, la foudre produit le vide partout où elle passe, le bruit serait la conséquence de la rentrée de l'air dans le vide en vertu de l'expérience du *crève-vessie*, et ce serait l'explication du tonnerre. On modernise celle-ci en invoquant le phénomène du claquement du *fouet*, dont la *mèche* est une palette qui, se déplaçant rapidement dans l'air par translation, fait le vide derrière elle; le bruit sec produit résulte de la rentrée de l'air dans le vide, le claquement étant d'autant plus fort que la vitesse de la mèche a été plus grande et le vide plus parfait. Le *clac!* du fouet reproduit le bruit même de l'éclair en plaine. Le tonnerre centripète, produit ainsi peut être appelé « tonnerre d'Arago ».

Schopenhauer, au contraire, avait été frappé par le caractère explosif de certains éclairs déchargeant d'un seul coup un énorme nuage orageux. Il a proposé, à ce sujet, une théorie du « tonnerre centrifuge » dans laquelle le jaillissement de l'éclair enflammait le *gaz tournant* produit par un phénomène *fictif*. La détonation obtenue ainsi était bien un tonnerre centrifuge. Arago et Schopenhauer ont vu chacun une des

faces de la question, les tonnerres centripète et centrifuge existant bien dans la réalité.

§ 2. — **Reste d'éclair. Sa chute dans l'air.** — L'*éclair fulgurant*, ou de première classe d'ARAGO, est l'air rendu éblouissant par une décharge électrique naturelle de durée très courte (de l'ordre des cent-millièmes de seconde). Cette *cause* fugace produit dans l'air un *effet* lumineux qui dure beaucoup plus que sa *cause* et apparaît comme un *reste d'éclair* qui a toutes les propriétés du *corps matériel*, au sens où l'entendent les physiciens.

L'intensité énorme de ses rayons ultraviolets prouve tout au moins la très haute température (2.500° C. ?) de l'éclair fulgurant. Cependant le *reste d'éclair* n'est pas simplement de l'air chaud, car celui-ci n'est pas sensiblement lumineux. Comme, à la place de l'éclair, il y avait *avant* de l'air et *après* de l'air encore, le *reste d'éclair* est nécessairement constitué par les gaz de l'air tout en n'étant pas de l'air, à proprement parler.

Comme cela résulte des expériences de B. WALTER et de H. NORINDER, l'éclair fulgurant consiste le plus souvent, en Europe et dans l'Inde, *en un transport non oscillant* de protons d'une région à potentiel élevé V à une région à potentiel V' beaucoup plus bas, et plus rarement d'électrons d'une région à potentiel négatif très bas V à une région à potentiel V' beaucoup plus élevé, négatif ou positif.

Dans l'Afrique du Sud et l'Amérique, l'inverse paraît se passer, les éclairs négatifs étant le cas général et les éclairs positifs l'exception. Les recherches actuelles ne sont pas encore étendues à des régions assez diverses pour permettre une conclusion définitive et générale.

Quelle est la nature du *reste d'éclair* et quels sont les liens intimes qui unissent l'éclair fulgurant à ses formes terminales plus ou moins exceptionnelles ? La première question est résolue dans ses grandes lignes par *la chute du reste d'éclair*, observée par Jean KOECHLIN :

« Le 21 mai (1924), je me trouvais dans mon jardin à Bitschwiller, ... vers 18 heures. Le temps était chaud et lourd. J'ai vu un nuage se former dans le ciel bleu... Il a fini par couvrir la huitième partie de la surface du ciel visible... Ce nuage était donc relativement petit et semblait peu menaçant. Cependant la pluie a commencé à tomber. Je suis alors rentré dans ma maison et me suis mis à une fenêtre fixant le nuage. Un éclair blanc l'a sillonné se dirigeant vers le sol. L'éclair s'est épaissi, en ralentissant sa descente, est devenu jaune, puis rouge feu. Il a fini par former une grosse boule de feu, laissant derrière elle une traînée d'étincelles rouges. La descente de la boule a continué, très lente, et, à 2 mètres environ du sol, à 50 mètres de ma fenêtre, la boule a éclaté subitement en produisant un coup de tonnerre sec et violent, sans laisser de traces... ».

Ainsi donc, l'éclair sphérique final rouge feu est une forme terminale du *reste d'éclair*, qui était primitivement *blanc* et grossièrement linéaire. Déjà en 1871, au pied du Kœnigsburg, C. JOLIVET avait vu pareille transformation ; mais le récit de Jean KŒCHIN est plus net.

*Remarque.* — La chute visible du *reste d'éclair* est un phénomène réel, nécessaire, mais d'une observation oculaire exceptionnelle. Elle est probablement moins rare qu'on ne pense ; mais inattendue, et le ciel étant privé de points de repère[1], le déplacement de l'éclair linéaire ne se voit pas. Voici un exemple, observé par le prof. GRALLI, sur un éclair sensiblement horizontal : « L'orage, du 9 septembre 1877, ... envahit Velletri... L'air était très agité ; dans le tube du baromètre, le mercure s'agitait comme si l'instrument était secoué volontairement. Les éclairs ... avaient une forte couleur pourpre, et je notai avec étonnement que *le sillon lumineux, un peu affaibli, restait en l'air pendant une couple de secondes.* Différentes personnes virent le même phénomène... Mais un de ces éclairs me présenta une particularité encore plus difficile à expliquer... C'était un éclair légèrement ondulé et presque horizontal, également de de couleur pourpre, *lequel resta ainsi dessiné pendant deux ou trois secondes. Après, il s'abaissa tout ensemble d'environ 5°, en se maintenant parallèle à la direction primitive et en conservant presque exactement les mêmes ondulations.*

« Je fermai les yeux craignant une illusion ; le ruban lumineux, moins vif que le premier, resta à sa nouvelle place et après disparut instantanément. La figure 1 est prise d'après une esquisse que je fis, à peine l'orage passé. Ce fait, dont je ne puis nullement douter, échappe à l'hypothèse de la phosphorescence, et laisse plutôt supposer qu'une grande quantité de particules matérielles, incandescentes ou brûlantes, sont descendues suivant des lignes verticales par une raréfaction instantanée de la couche aérienne qui les soutenait. »

§ 3. — **Théorie actuelle.** — Admettons comme température initiale du *reste d'éclair* :

$$t = 9 \times 273° = 2.457° \text{ C};$$

1. Dans le jour, on ne voit pas les étoiles, et la nuit, en temps d'orage, le ciel est couvert par les nuages.

alors la densité de l'air à $t^o$, par rapport à celle de l'air normal prise pour unité, est :

$$\frac{1}{1+\alpha t} = \frac{1}{1+\frac{1}{273}\,9 \times 273} = \frac{1}{10}\cdot\left(\alpha = \frac{1}{273}\right).$$

Comme le *reste d'éclair* tombe, il faut nécessairement admettre que, grâce à la très haute température produite et à l'énergie de la décharge, *il s'est formé un air condensé* dont la molécule-gramme est de l'ordre du décuple de celle de l'azote, la densité voisine de 1 légèrement par défaut permettant au *reste d'éclair* de tomber dans l'air chaud et un peu raréfié de l'orage. On est alors conduit à penser que ce *reste* est un oxyde de l'azote encore inconnu, qui ne se forme qu'à température très élevée. La théorie actuelle consiste à dire que, dans le passage de $m$ coulombs de protons du potentiel de V volts au potentiel $V' < V$, il se forme une *combinaison* avec *condensation* et *absorption de chaleur* aux dépens des $m(V - V')$ joules de la décharge. Appelons *matière fulminante* le corps formé, lequel est *endothermique*, donc *explosif* en vertu des travaux classiques de Marcelin Berthelot. Lorsque la température baisse par refroidissement du *reste d'éclair*, la matière fulminante devient instable et détone violemment en libérant d'un seul coup l'énergie énorme absorbée lors de sa formation.

Comme cela arrive quand il y a décomposition d'un endothermique par explosion, la matière fulminante se réduit en ses éléments, qui sont ceux de l'air, *sans trace de composés intermédiaires* (M. Berthelot), ce qui est bien conforme à toutes les observations.

§ 4. — **Phénomènes sonores.** — Laissons de côté la question purement accessoire des roulements du tonnerre. Il y a deux phénomènes consécutifs à la décharge électrique naturelle :

1° une condensation, donc un *vide* proportionnel à la quantité de matière fulminante formée;

2° une décomposition spontanée ultérieure de cette matière dès que la température s'abaisse au-dessous de celle à laquelle peut exister, sous la pression atmosphérique, ce corps fortement endothermique.

Le vide produit par la condensation est immédiatement comblé par l'air atmosphérique, d'où production de ce que j'ai appelé le *tonnerre centripète* d'Arago, la décomposition exothermique de la matière fulminante produisant un peu après le *tonnerre centrifuge de* Schopenhauer. Dans le cas de l'éclair fulgurant, les deux tonnerres, séparés par un très court espace de temps, se confondent pour l'oreille en un seul. Dans le cas de l'éclair sphérique, au contraire, il y a dissociation des deux bruits de l'éclair, qui peuvent être séparés par un grand nombre de secondes, le tonnerre centrifuge pouvant même disparaître sensiblement si la matière fulminante *fuse* au lieu d'exploser.

§ 5. — **Transformation de l'éclair fulgurant linéaire en éclair sphérique.** — L'agent de transformation, qui permet de passer de l'éclair fulgurant plus ou moins sinueux à l'éclair sphérique, est la *tension superficielle* de la matière fulminante, laquelle agit en rétractant la surface extérieure de ce corps endothermique élastique, le refroidissement étant d'autant plus lent, toutes choses égales, que la quantité de matière fulminante est plus lent, toutes choses égales, que la quantité de matière fulminante est plus grande. Avec un éclair fulgurant cylindrique de longueur $l$ et de rayon $r$, la surface $2/r$ de l'unité de volume est très grande car $r$ est très petit; comme, de plus, la différence de température entre la matière fulminante et l'air dépasse 2.000° C., le refroidissement est instantané, la durée du *reste d'éclair* étant de l'ordre du centième de seconde.

Quand les orages sont d'une grande intensité, il fait très chaud et *les nuages sont très bas.* Un éclair vertical, entre le nuage et la terre, est alors très court et de section relativement grande. La matière fulminante se refroidit, raccourcissant sa longueur et augmentant constamment sa section. Le refroidissement, rapide à l'origine, diminue très vite et devient minimum avec la *surface minima sphérique* de la matière fulminante; la surface extérieure devenue des centaines de fois plus petite, le refroidissement dure, toutes choses égales, des centaines de fois plus et devient de l'ordre des secondes.

### Étude particulière de l'éclair sphérique

§ 6. — **Remarques et définitions.** — L'éclair sphérique, étant la forme relativement stable de la matière fulminante, permet l'étude de cette substance fugace, qui est par trop malaisée quand celle-ci affecte la forme de l'éclair fulgurant linéaire.

Ce qui suit ne suppose, sur la composition de la matière fulminante, rien d'autre que ceci : *elle est formée exclusivement de gaz de l'air.* Celui-ci, ayant la même composition depuis les temps historiques, on peut affirmer que, *lorsqu'elle est pure, la matière fulminante jouit toujours, toutes choses égales, des mêmes propriétés et se retrouve la même à toutes les époques et dans tous les pays.* Les observations de la foudre, sous toutes ses formes, sont donc comparables à toutes les dates, quel que soit le lieu de l'observation.

On appellera dorénavant *foudre* toute agglomération de matière fulminante.

§ 7. — **Principales apparences.** — Les foudres sphériques peuvent avoir des dimensions allant de celles d'un *pois* à celles de sphères d'environ 5 mètres de diamètre. Evidemment, les dimensions extrêmes sont rarissimes; les dimensions les plus fréquentes sont celles de sphères de 1 à 3 décimètres de diamètre.

Quelquefois ces sphères roulent sur le sol avant de s'élever; le plus souvent, elles flottent librement dans l'air à peu de mètres au-dessus de sa surface. Tantôt elles sont immobiles; le plus habituellement, elles se meuvent, lentement ou rapidement. Quelquefois, leur marche paraît hésitante, constamment changeante, comme si elles cherchaient leur voie. Il arrive qu'un globe, immobile quelque temps, prenne brusquement sa course, ou change de direction à angle droit, ou revienne brusquement sur ses pas.

Leur mouvement est une translation, ou une rotation, ou une combinaison constamment changeante de ces deux mouvements.

Ces apparences s'expliquent simplement ainsi. A chaque seconde, des molécules superficielles suffisamment refroidies explosent suivant le prolongement des rayons qu'elles déterminent et communiquent au globe des vitesses radiales de sens contraire à leur mouvement. Si ces vitesses ont une résultante nulle ou très faible, le mouvement du globe (supposé partant du repos) est nul ou faible. Si les molécules qui explosent ensemble sont en majorité d'un seul côté d'un plan diamétral de la sphère, il y a une résultante finie des vitesses et une translation consécutive qui dure tant que *la répartition des molécules qui explosent synchroniquement* reste la même ou sensiblement la même, etc.

Si l'explosion des molécules est oblique aux rayons qu'elles déterminent, il y a apparition d'une composante tangentielle des vitesses, et la translation s'accompagne d'une rotation.

Enfin, la forme véritablement sphérique est exceptionnelle; réalisée à l'état de repos, le mouvement *ovalise* la sphère à cause de la résistance de l'air, différemment suivant la vitesse, les particularités du mouvement, et l'impureté de la substance qui peut être homogène ou hétérogène. En pareil cas, on parle de la *foudre globulaire*, ce qui a l'avantage de ne pas préciser la forme extérieure (sphère, ellipsoïde, œuf, etc.).

La réalité est encore plus compliquée. Certains globes ont un *appendice caudal* de forme variée, lumineux ou fumeux, simple ou multiple. Enfin, quelques-uns s'accompagnent d'un voile de vapeur plus ou moins dense, parfois rosé.

On a vu que les globes *fusent* ou *détonent;* d'autres fois, ils ont des éclatements partiels, plusieurs fois répétés, au cours desquels ils expulsent de leur sein, avec une très grande vitesse, des masses variables de matière incandescente. La persistance des impressions lumineuses sur la rétine donne à ces projections l'apparence de *fusées,* ou d'*éclairs,* ou de *langues de feu,* le contact des matières lancées avec les corps vivants (hommes ou animaux) donnant des secousses électriques d'intensité variée allant de l'électrocution à la secousse bénigne.

§ 8. — **Explication de ces apparences.** — Elle est simple. L'idée la plus immédiate serait de supposer l'éclair sphérique formé *de couches sphériques, isothermes et concentriques, la température diminuant de façon continue du centre à la périphérie.*

Le mode même de génération des foudres s'y oppose et conduit à une grande hétérogénéité dans les températures des divers points de la masse incandescente gazeuse. La température initiale très élevée et la forme toute en surface de l'éclair fulgurant linéaire générateur déterminent aussitôt un refroidissement intense; *le volume diminue* parce que la température moyenne baisse et *la forme change* parce que la surface libre tend vers l'aire minima.

*Les éléments de la surface libre rentrant à l'intérieur de la matière fulminante,* celle-ci devient *hétérogène* par le mélange de particules relativement très chaudes avec des particules plus ou moins extérieures refroidies à des degrés divers. La conductibilité calorifique (ou électrique) de la matière fulminante *étant une fonction constamment croissante de la température,* comment dès lors parler d'*hétérogénéités thermiques* dans l'intérieur de la masse incandescente si les parties froides se réchauffent au contact des parties chaudes ?

Pour les foudres à forme plate, l'hétérogénéité est visible grâce à la transparence de la matière fulminante *pure.* C'est le cas où les impuretés donnent des diminutions de transparence curieuses.

Pour les foudres épaisses, ce paradoxe apparent s'explique autrement.

La matière fulminante, *supposée pure en tous ses points,* est *parfaitement stratifiée* si elle est formée de couches sphériques, isothermes et concentriques, la température diminuant continûment du centre à la périphérie; toute exception à cette règle est une *hétérogénéité thermique.* Celles qui suivent sont dues à des masses plus froides que les couches sphériques qu'elles rencontrent. On

peut faire des hypothèses simples sur la répartition de ces masses froides.

On explique les *appendices caudaux* par des *amas* de celles-ci, *cylindriques ou coniques, de révolution autour d'un rayon et aboutissant à la surface libre.* L'augmentation considérable de volume des masses froides qui se décomposent et leur viscosité plus faible expliquent leur sortie parallèlement à l'axe de répartition. Le globe se meut alors comme un vase à réaction, l'appendice caudal étant nécessairement dirigé en sens contraire de la translation.

Si les masses froides n'aboutissent pas à la surface libre, on explique facilement l'explosion des globes et, soit leur séparation en deux ou plusieurs morceaux qui retournent spontanément à la forme sphérique, soit l'éparpillement de la substance sous la forme d'un *bouquet de fusées* qui s'épanouit dans un nuage d'étincelles ou de fumée.

§ 9. — **Matière fulminante pure. Sa couleur. Statistique du prof.** Galli. — Si une foudre sphérique naît d'un éclair fulgurant linéaire qui éclate, se transforme et tombe dans un air sans corps fixe ou organique en suspension, *la matière fulminante est pure.* Un observateur assez favorisé pour assister, comme Jean Kœchlin, à toutes les phases du développement d'une telle foudre, *voit la succession des couleurs du corps noir qui se refroidit,* la matière fulminante n'atteignant la forme sphérique ou quasi sphérique que quand la température superficielle est suffisamment basse, vers les deux tiers de la chute, d'après C. Jolivet.

Les foudres pures n'ont pratiquement que trois couleurs en dehors du blanc : jaune, orangé, rouge, avec les teintes de passage jusqu'au rouge sombre. Au point de vue de la fréquence, les foudres jaunes sont rares, les globes orangés assez fréquents, les globes rouges les plus fréquents, à cause du temps mis par la matière fulminante pour atteindre l'aire minima.

L'apparition des foudres sphériques étant fortuite, le plus souvent elles passent inaperçues. Si, par hasard, un observateur en voit une, il note sa couleur à ce moment, les changements de teinte étant généralement insensibles en quelques secondes. Une statistique du prof. Galli, portant sur 81 cas de foudres à contour défini, peut s'écrire ainsi :

| | | |
|---|---|---|
| Couleurs du refroidissement du corps noir, simples ou doubles | 47 | cas |
| Autres couleurs simples ou doubles | 20 | — |
| Couleurs variées non indiquées | 4 | — |
| Couleur noire | 6 | — |
| Couleur blanche sans lumière propre | 4 | — |

Les couleurs du refroidissement du corps noir qui, dans ce tableau, se présentent 47 fois sur 81 (fréquence 52 %), *correspondent à une matière fulminante pure,* à la surface tout au moins ! Les couleurs doubles montrent les *hétérogénéités thermiques* de la surface, définiées au § 8.

§ 10. — **Matière fulminante impure. Hétérogénéités chimiques.** — Etudions maintenant les 20 cas de couleurs, simples ou multiples, autres que celles du refroidissement du corps noir, et autres que le *noir* et le *blanc sans lumière propre.* Ils se décomposent ainsi :

| | | |
|---|---|---|
| Couleur bleue | 12 | cas |
| Couleur verte | 4 | — |
| Couleur violette | 2 | — |
| Couleur rouge, puis bleue | 1 | — |
| Couleur blanche et bleue | 1 | — |

Le vert et le violet résultant respectivement de la superposition au bleu du jaune et du rouge, les 20 cas précédents concernent *la couleur bleue seule ou superposée aux couleurs du refroidissement du corps noir.*

Il y a donc, dans la matière fulminante, une *impureté* qui apporte la couleur bleue nécessaire pour rendre compte de certaines teintes. On peut hésiter entre l'ozone et le *soufre.* La persistance pendant des durées qui atteignent 4 jours, comme aussi la présence sûrement constatée sur des corps foudroyés des sulfures de fer, de cuivre et d'or, ne permet pas de conserver l'hypothèse de l'ozone, corps très instable.

*Remarque I.* — La superposition des couleurs, dont il est question ici, est, en réalité, *une juxtaposition.* Celles-ci se produisant en des points extrêmement voisins, les droites qui joignent ces points au centre optique de l'œil sont pratiquement parallèles et vont converger au même point de la rétine, où il y a, à ce moment seulement, superposition des couleurs des points voisins diversement colorés. *La superposition a lieu sur la rétine, la réalité extérieure étant une juxtaposition.*

*Remarque II.* — La surface apparente d'une foudre globulaire se renouvelant constamment par la décomposition des molécules superficielles les plus froides, la teinte change constamment en de nombreux points. De là, *l'impression de papillotement, de changement incessant de la matière fulminante, son caractère inquiet,* si l'on peut s'exprimer ainsi, qui fait deviner qu'il s'opère en elle des changements incessants. L'originalité de cette théorie est que c'est le même mécanisme qui explique le mouvement, la couleur et qui expliquera aussi le bruit de la foudre globulaire.

*Remarque III.* — Certaines foudres n'ont pas d'odeur. Quand elles en ont une, les témoins s'accordent pour la trouver de *soufre brûlé* ($SO^2$), ou de *poudre brûlée* ou d'odeur nauséabonde ($H^2S$). La conclusion est que *la matière fulminante pure n'a pas d'odeur sensible*, celle-ci étant liée à la présence du *soufre*, donc à la présence de la couleur bleue dans certaines foudres bleues, vertes ou violettes.

§ 11. — **Globes noirs et blancs sans lumière propre.** — Jusqu'alors, il s'agissait de *foudres nues* dont l'œil voyait la matière fulminante. Il s'agit maintenant de *foudres habillées*, dont la matière fulminante est cachée par un rideau nuageux noir, gris ou blanc, mince ou épais. Si le vêtement est *collant*, les foudres sont des sphères noires, grises ou blanches ; s'il est *flottant*, la foudre est un *petit nuage* entourant la sphère ignée.

Avec les foudres noires, le vêtement est si absorbant que la lumière intérieure ne se voit pas, sauf quand elles éclatent. Avec les foudres grises ou blanches, le vêtement collant peut être assez translucide pour laisser deviner la lumière intérieure ; si le vêtement est troué par endroits, les déchirures laissent voir la matière fulminante incandescente.

*Origine du vêtement nuageux.* — Surtout en temps d'orage, l'air est agité à de grandes hauteurs ; il peut alors tenir en suspension des matières *fixes* (cendres des volcans, poussières transportées par le vent) et des matières *organisées* (pollen, graines, spores, animalcules) dont le protoplasma contient de 0,3 à 2,1 % de *soufre* et probablement plus, d'après Gabriel Bertrand. La cellulose des parties solides des tissus organisés est un hydrate de carbone avec des traces de sels minéraux. La calcination de ces tissus donne de la *vapeur d'eau* et du *noir de fumée*.

Soit à expliquer le *vêtement flottant* ; 3 cas sont possibles ; il y a prédominance du noir de fumée ou de la vapeur d'eau, ou des proportions comparables des deux. Alors, le vêtement nuageux sera noir, blanc ou gris. Cette explication sera légitimée en se rappelant que, si la fumée d'un vaisseau est noire, il suffit d'envoyer dans la cheminée de la vapeur d'eau pour voir, en quelques secondes, la fumée devenir grise, puis blanche.

La distinction entre les vêtements collant et flottant s'obtient ainsi. Soient R*cm* le rayon de la matière fulminante sphérique et V volts son potentiel, la pression électrostatique $p$ peut s'écrire :

$$p = \frac{1}{72\pi \cdot 10^4} \cdot \frac{V^2}{R^2} \frac{\text{dynes}}{\text{cm}^2}.$$

Tandis que la *pression moléculaire de* Laplace $2A/R$ (A étant la *tension superficielle* de la matière fulminante) est dirigée suivant la normale *intérieure*, la pression électrostatique l'est suivant la normale *extérieure* et pousse les impuretés ($C + H^2O$) contre la surface sphérique. Si la pression moléculaire est notablement plus grande que la pression atmosphérique, les impuretés ne pourront trouer la pellicule superficielle et le vêtement sera collant. On a :

$$\frac{2A}{R} > \frac{1}{72\pi} \cdot \frac{1}{10^4} \frac{V^2}{R^2} \quad \text{d'où} \quad A > \frac{1}{144\pi} \frac{1}{10^4} \frac{V^2}{R}.$$

Bien que ce soit le cas des faibles potentiels, la mort de la femme Bordenase à Toulouse (récit de Marcorelle) montre que de telles foudres peuvent produire l'électrocution. Admettons :

$$R = 10 \ cm, \ V = 10^4 \text{ volts},$$

l'inégalité précédente devient en nombres ronds : $A > 2$ dynes/*cm*. Malgré notre ignorance de la valeur de A ; l'inégalité est sûrement vérifiée.

Si, au contraire, la pression électrostatique est beaucoup plus grande que la pression moléculaire de Laplace ; la pellicule superficielle sera trouée ; un nuage de vapeur d'eau transportant mécaniquement du noir de fumée, poussé par la pression électrostatique, mais maintenu à peu de distance, dans toutes les directions, par la pression atmosphérique, se répandra autour de la foudre sphérique. C'est le cas des grandes valeurs du potentiel ; pour $R = 10 \ cm$ et $V = 2 \cdot 10^5$ volts,

on a :

$$A > 800 \frac{\text{dynes}}{\text{cm}}.$$

Il n'est pas probable que la tension superficielle de la matière fulminante impure, gaz incandescent, soit 10 fois celle de l'eau liquide à 0° C.

Les très grandes valeurs du potentiel, dans le cas du *petit nuage* d'Arago, expliquent pourquoi celui-ci, habituellement, lance la foudre de toute part et foudroie à grande distance.

§ 12. — **Aptitude des foudres sphériques à passer par des pertuis étroits.** — Ce phénomène connu de St Albert le Grand, s'explique ainsi. La matière fulminante, gaz, peut passer par des orifices très étroits ; mais, en traversant ceux-ci, *elle ne se fragmente pas en parties qui, ensuite, resteraient séparées.* Cette aptitude à conserver l'unité de sa substance et à reprendre ensuite sa forme première montre que tout se passe comme si la matière fulminante était emprisonnée dans une enveloppe élastique, indéchirable bien qu'infiniment mince, qui n'en laisse échapper nulle parcelle. *Cette enveloppe n'est autre que la couche*

*superficielle du fluide, siège de la tension superficielle.*

Il s'ensuit que les observations qui établissent le phénomène en question peuvent être considérées comme les preuves les plus convaincantes de la réalité de cette tension superficielle qui, dans la théorie actuelle, joue un rôle de tout premier plan, lequel ne lui avait été reconnu auparavant par aucun physicien.

§ 13. — **Phénomènes de rebondissement.** — Ils étaient connus des savants de la Renaissance. L'illustre évêque de Ratisbonne dit, en effet, des globes fulminants, qu'*ils rebondissent comme des corps élastiques,* qu'ils passent par des trous très petits et que, quelquefois, ils se meurent très lentement (par opposition avec les éclairs fulgurants).

Cela s'explique ainsi. Le choc d'un globe fulminant contre un obstacle solide grossièrement plan *aplatit* le globe contre l'obstacle d'autant plus que le choc est plus violent, que la vitesse est plus grande. Il se produit alors, par contact direct de la matière incandescente avec un corps à la température ordinaire, un refroidissement intense d'un grand nombre de molécules qui, descendues au-dessous de la température de stabilité sous la pression atmosphérique, explosent toutes à la fois normalement à l'obstacle, c'est-à-dire parallèlement entre elles. Si le globe est gros, la température centrale est peu différente de la température superficielle parce que leur refroidissement est lent, la surface 2/R de l'unité de volume étant faible, et parce que la matière incandescente conduit bien la chaleur. Alors, l'ébranlement de nombreuses molécules superficielles détermine de proche en proche celui des molécules profondes, peu éloignées comme elles de la température d'instabilité; dès lors, l'explosion superficielle détermine, en un temps très court l'explosion totale.

Si le globe est petit, son refroidissement est rapide; la température centrale peut être très différente de celle de la surface. Les molécules centrales étant en état de stabilité, les molécules superficielles explosent sans entraîner les précédentes et *font rebondir la foudre globulaire.*

Il peut arriver qu'un premier choc ayant déterminé simplement un rebondissement, un second choc soit plus efficace et détermine l'explosion, le refroidissement superficiel ayant gagné, cette fois, les parties centrales.

Ceci est l'occasion naturelle de revenir sur le § 12 en remarquant que le passage de la matière fulminante par des fentes très étroites exerce sur elle un véritable *laminage* très efficace pour la refroidir et précipiter sa décomposition. Souvent cette dernière devient si rapide que le globe explose peu après avoir subi cette épreuve, d'un genre très particulier.

§ 14. — **Partage d'un globe en plusieurs autres.** — C'est un phénomène fréquent et qui étonne beaucoup; sa raison est que *cette transformation augmente la stabilité de la matière fulminante, toutes choses égales.* Ici, la pesanteur est négligeable devant les forces capillaires. L'énergie nécessaire pour créer la surface extérieure S de la matière fulminante, de tension superficielle A, est AS, donc proportionnelle à S à température constante. La sphère étant surface minima, toute déformation à température constante correspondra à un accroissement de AS, donc de la stabilité.

Quand une sphère se partage en $n$ sphères égales, la surface extérieure totale croît comme $n^{1/3}$; elle double pour $n = 8$.

D'une manière générale, les grosses sphères sont très instables, les petites sphères au contraire très stables. Dans le cas des foudres sphériques, le partage d'un globe en plusieurs autres plus petits, sous l'influence d'un choc ou d'un rebondissement, s'observe très fréquemment et s'explique comme on vient de le voir.

En dehors de toute espèce de choc, *la diminution de la stabilité AS peut* provenir d'une diminution subite et importante de la tension superficielle A résultant d'une absorption superficielle de matières étrangères (malgré un abaissement faible de la température tendant à relever A). Habituellement, les impuretés absorbées sont le *fer* et le *soufre*; le premier donne à la matière fulminante une *blancheur éclatante*, le second une couleur *bleu ciel*. L'absorption de quantités massives de *soufre* donne lieu ordinairement à la forme *serpentine*, que des chocs ultérieurs découpent spontanément en petites sphères bleues.

Si l'impureté *soufre* est bien superficielle, d'où la couleur bleue de la matière fulminante, un globe qui dure longtemps, s'évaporant par sa surface extérieure, peut se purger de l'impureté et reprendre ensuite la couleur de la matière fulminante pure correspondant à la température superficielle.

Si l'impureté superficielle, plus volatile encore, émet une vapeur qui entoure le globe d'un voile translucide, celui-ci disparaît brusquement lorsque l'impureté est totalement évaporée. L'observation confirme ces apparences.

§ 15. — **Phénomènes de caléfaction montrés par la matière fulminante.** — Habituellement, un liquide caléfié s'appuye sur un métal incandescent. Il n'y a pas contact, le liquide reposant sur un matelas de sa propre vapeur,

formant écran contre le rayonnement de la paroi chaude. Ce matelas se trouve à tout instant, en des points établissant un *contact* entre le liquide et la paroi, contact cessant aussitôt par l'explosion de la goutte touchant la paroi.

Dans les foudres globulaires, c'est le fluide (matière fulminante) qui est incandescent et la paroi d'air qui est froide. Au point de vue relatif, le phénomène est le même. Ceci explique l'indifférence de la foudre globulaire pour les flaques d'eau qu'elle rencontre et l'inefficacité des procédés de destruction à distance des foudres lorsqu'ils n'utilisent pas le *choc*. On comprend aussi pourquoi la foudre globulaire peut tomber sur des matières inflammables et y creuser un trou sans y mettre le feu.

§ 16. — **La matière fulminante est-elle chaude ou froide ?** — La matière fulminante est incandescente et, quand elle est *pure*, elle rayonne fortement. Elle constitue ce qu'on appelle les globes « chauds ». Parfois, au contraire, les globes, même à petite distance de l'épiderme, ne rayonnent que peu ou pas de chaleur; ce sont les globes « froids ». Ils sont constitués par des foudres *impures* revêtues à leur surface d'une couche de *vapeur d'eau* qui forme autour d'elles un écran efficace contre le rayonnement calorifique de la matière fulminante intérieure; suivant l'épaisseur de cette couche l'impression calorifique peut être faible ou pratiquement nulle.

### Essai d'une théorie quantitative

§ 17. — **Application du principe du déplacement de l'équilibre.** — Si une décharge électrique naturelle traverse l'aire, les lois du déplacement de l'équilibre exigent que la matière fulminante formée soit *endothermique*. La température baissant par refroidissement de ce corps, les mêmes lois exigent une réaction *exothermique*, obtenue par la décomposition spontanée d'une partie de la matière fulminante, qui se dissocie de plus en plus quand la température baisse, la tension de dissociation croissant constamment à température décroissante. Une diminution de pression à la surface de la matière fulminante relève sa température; une augmentation de température l'abaisse.

Si la température s'abaisse assez pour que la tension de dissociation égale la pression atmosphérique, la matière fulminante *pure* se résout spontanément en ses éléments, *qui sont ceux de l'air*. Si elle est *impure* par absorption de corpuscules végétaux ou animaux, sa décomposition donnera, en outre, de la *vapeur d'eau* et des étincelles formées par *noir de fumée incandescent*. De plus, des gaz sulfurés ($SO^2$,$H^2S$) accompagneront la vapeur d'eau.

Si la décomposition, devenue de plus en plus rapide, est gênée par un obstacle, elle devient *explosive*, par analogie avec ce qui se passe dans les pièces d'artifice dégageant un très grand volume de gaz. Quand ceux-ci s'écoulent aisément, le mélange brûle très rapidement *en fusant*, presque silencieusement. Si un obstacle, même très léger, gêne l'écoulement des gaz produits, l'augmentation subite de pression qui en résulte détermine l'*explosion du mélange*.

Avec les foudres globulaires électrisées, la pression électrostatique, proportionnelle au carré du potentiel, étant dirigée suivant la normale extérieure, diminuant d'autant la pression atmosphérique, est un élément de stabilité parce qu'elle relève la température.

§ 18. — **Valeur approchée de l'énergie de la matière fulminante par centimètre cube ou par gramme.** — On emploie deux méthodes inverses : l'une considère l'*éclair fulgurant descendant* dans des conditions telles que le fer traversé par la décharge commencerait à fondre; l'autre utilise un *éclair sphérique ascendant* minuscule, inoffensif. Si le résultat obtenu est le même, le principe de l'unité de la matière fulminante *pure*, dans le temps et l'espace, sera confirmé.

*1re Méthode.* — Soit un éclair fulgurant rectiligne, cylindrique, de longueur $l$, de section S, éclatant entre deux régions de potentiels V et V' volts, avec $V > V'$. L'énergie de la décharge transportant $m$ coulombs est

$$W = m(V - V') = m\,l\,\frac{V - V'}{l} \quad m\,l\,G.$$

G est le gradient de potentiel en volts par mètre, $l$ s'exprimant en mètres et W en joules. Si $\omega$ est l'énergie par unité de volume, on a .

$$\omega = \frac{W}{l\,S} = \frac{m}{S}\,G.$$

$\omega$ dépend uniquement du gradient de potentiel et de la densité de la décharge par unité de surface; $\omega$ *est indépendant de la longueur de l'éclair et du régime de la déchange.* En particulier, le temps n'intervient pas.

Des valeurs moyennes de G, $m$, S donneront l'ordre de grandeur de $\omega$.

Admettons :

$$m = 30 \text{ coulombs}, \qquad G = 800\,\frac{\text{kilovolts}}{\text{mètres}}, \quad S = 10 \text{ cm}^2,$$

il vient :

$$\omega = 2{,}4 \times 10^3\,\frac{\text{kgm}}{\text{cm}^3}.$$

On admet, dans le calcul, que *le volume de l'éclair est celui de la matière fulminante créée*, d'où une erreur par défaut sur $\omega$. On calcule ainsi l'*énergie initiale* et non sa valeur finale au moment de l'explosion, d'où une erreur par excès. Les deux erreurs se compensent-elles ? On l'ignore.

2e *Méthode.* — Le 14 septembre 1746, vers 7 h. 1/2 du soir, M. Lohier « ...aperçut subitement, sur la partie de sa robe de chambre répondant à la poitrine, 30 ou 35 corpuscules lumineux, ayant l'éclat vif et blanc de l'éclair, avec une nuance très légère de rouge; ces corpuscules étaient pour la plupart globuleux. Les plus petits de la grosseur d'un pois et les plus gros de celle du bout du petit doigt... Ils ne durèrent pas bien longtemps : au bout de 5 à 6 minutes, ils s'étaient tous éteints successivement ».

Fixés à l'extrémité des fils de la robe de chambre, sans mouvement sensible, les corpuscules sphériques évaporent par rayonnement, sans changer de couleur, *sans changer de couleur*, entre leur température centigrade $t$ et celle $t'$ de l'air environnant. Admettons que les sphères de 4 *mm.* de diamètre ont duré 5 minutes ($\tau = 300$ secondes). $t = c^{te}$, $t' = c^{te}$ donc $t - t' = c^{te}$. *L'énergie libérée par une diminution* $\Delta R$ *du rayon dans le temps* $\Delta\tau$ *compense exactement la chaleur perdue par rayonnement dans le même temps.*

Soient : $\Theta = 273 + t$ et $\Theta' = 273 + t'$ les températures absolues de la matière fulminante *considérée comme un corps noir* et de l'air, et $\sigma$ une constante relative à un *cm*² de la surface rayonnante; la loi de Stefan donne, J étant l'équivalent mécanique de la calorie :

$$4\pi R^2 \sigma (\Theta^4 - \Theta'^4)\,\Delta\tau = 4\pi R^2 . \Delta R \frac{\omega}{J}$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta\tau} = \frac{J}{\omega}\sigma(\Theta^4 - \Theta'^4) = C^{te} = \frac{R}{300}$$

d'où

$$\omega = \frac{300}{R} J \sigma \Theta^4 \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^3}$$

$\sigma = 1{,}5 \times 10^{-12}$, $R = 1/5$ *cm*, $t = 1.000°$ $J = 4{,}2$ joules, d'où

$$\omega = 2{,}328 \times 10^3 \frac{\text{kgm}}{\text{cm}^3}.$$

Ce calcul n'introduit que des grandeurs physiques nettes. La seule difficulté réelle est le choix d'une valeur exacte pour $\Theta$.

La quasi-identité des résultats numériques fournis par les deux méthodes prouve que *l'énergie de la matière fulminante pure par centimètre cube, au moment de sa destruction est de l'ordre de 2... kilogrammètres.*

*Calcul de l'énergie* $\Omega$ *de la matière fulminante pure par gramme.* — La matière fulminante a sensiblement la densité de l'air; 1 *cm*³ pèse 1,3 *mmgr.* donc 1 mmgr. a une énergie de

$$\frac{2328}{1{,}3} = 1.790\ kgm.$$

Donc

$$\Omega = 1.790 \times 10^3\ kgm = \frac{1.790 \times 10^3}{427{,}8}\ \text{cal.} = 4.184\ \text{calories.}$$

La nitroglycérine, réputée le plus puissant des explosifs, ne dégage que 1.320 calories par gramme : *L'énergie par gramme de la matière fulminante pure est plus de trois fois celle de la nitroglycérine.*

§ 19. — **Globes excavateurs.** — Dans ce cas, les globes tournent très rapidement comme des toupies, et creusent à la surface du sol, *à la façon d'une fraiseuse, des trous circulaires*, très réguliers, cylindriques, tantôt équidistants et identiques si la vitesse reste constante, tantôt se rapprochant de plus en plus et leur rayon diminuant progressivement si la vitesse va en diminuant. Parfois, au contraire, les foudres globulaires creusent des *sillons* horizontaux. Dans ces phénomènes de creusement, il semble qu'il y ait satisfaction, la matière fulminante, isolée du sol, agissant sur lui par les gaz qu'elle dégage constamment en se refroidissant à proximité du sol; alors, l'énergie par *cm*³ de la matière fulminante se transforme en travail mécanique, *le volume de la foudre globulaire allant constamment en diminuant à mesure que le travail mécanique augmente.* Par son long contact *médiat avec la terre, la foudre globulaire se désélectrise progressivement, puis s'éteint.*

§ 20. — **Trous de foudre ou fulgurites.** — Si la foudre globulaire agit sur le sol par sa température propre, le résultat est différent.

Quand l'éclair fulgurant frappe un sol sablonneux, il creuse un trou; il se produit alors un cylindre ou un cône, le plus souvent creux, dont la paroi est une matière vitrifiée, lisse à l'intérieur, environnée extérieurement d'une croûte de grains de quartz agglutinés. Ce sont les *fulgurites* ou *trous de foudre*, découverts en 1711 et incompris; redécouverts en 1805 et cette fois expliqués par le Dr Hentzen.

L'éclair globulaire, dans les mêmes conditions que l'éclair fulgurant, *ne donne presque jamais de fulgurites,* à cause de la différence très considérable de température de la matière fulminante dans les deux formes de l'éclair.

§ 21. — **Energie sonore.** — Dans une foudre sphérique, à chaque instant, certaines molécules superficielles suffisamment refroidies explosent, secouant violemment les molécules voisines. Si, $n$ fois par seconde, N molécules froides explosent

à la surface d'une foudre, celle-ci fait entendre un son de hauteur *n* et d'intensité proportionnelle à N. Selon la valeur de *n*, la foudre est silencieuse, bourdonnante, sifflante, etc.

Comme on l'a vu, dans la théorie actuelle, le même mécanisme suffit pour expliquer le mouvement, la couleur et le son produit.

§ 22. — **Existence objective de la foudre globulaire.** — Pendant longtemps on a désespéré de prendre sur le fait l'éclair en boule. La seule réussite obtenue pendant longtemps, fut une photographie instantanée prise par M. Dünn, de Newcastle-on-Tyne, d'une fenêtre de sa résidence de Westermoreland Road qui domine la vallée de la Tyne. Le globe présente sur la droite un embryon d'appendice caudal, qui prouve un mouvement de droite à gauche. Le contour apparent est nettement circulaire malgré la rapidité du mouvement. Le refroidissement des parties antérieures (gauche), supérieure et inférieure décompose abondamment les molécules superficielles, les gaz entraînant avec eux des parcelles incandescentes. Les jets sont normaux au globe; leur vitesse, combinée avec la vitesse de translation horizontale diminuée de la résistance de l'air, donne en haut et en bas une résultante déviée vers la gauche de la normale au globe. La partie du contour apparent à l'arrière (droite) au-dessus de l'appendice, protégée contre le refroidissement par l'air, se décompose peu et son dégagement gazeux est peu sensible.

On doit au prof. J. C. Jensen, de Lincoln (Nebraska), la preuve décisive de la réalité de l'éclair globulaire : « La soirée du 30 août 1930, après une journée étouffante, un sévère orage, du type *ligne de grain* se développa dans l'*ouest*. Deux chambres photographiques (1 Graflex et 1 Kodak) furent placées face à l'ouest au quatrième étage, dominant les arbres.

Cinq des photographies de l'orage montrent des masses lumineuses (éclairs globulaires) de dimensions énormes qui restèrent visibles *en changeant de forme* pendant environ 3 minutes ». Les quatre agrandissements montrent les éclairs globulaires, amas de matière fulminante de forme amiboïde tombant vers la terre. Les amas de tous les clichés ont la même particularité; *irréguliers en haut*, se trouvant là à température très élevée dans un air secoué par l'orage et de continuelles explosions, *ils se régularisent au fur et à mesure qu'ils arrivent au bas du cliché* où leur forme est très sensiblement sphérique.

Cette forme sphérique — surface minima — obtenue par refroidissement alors que la tension superficielle croît rapidement, d'une seconde à l'autre, prouve et *la réalité de l'éclair globulaire* et *l'intervention efficace de la tension superficielle.*

Plusieurs des éclairs globulaires en question, *tous chargés négativement*, sortirent avec fracas d'une ligne de transport d'énergie, à 600 mètres de l'observateur, justifiant la suggestion faite par moi dans mon dernier mémoire.

## Protection contre la foudre

§ 23. — **Rôle du paratonnerre de Franklin et de l'eau vis-à-vis de l'éclair fulgurant.** — Quand le paratonnerre à tige est foudroyé par l'éclair fulgurant, la matière fulminante est amenée, par sa conductibilité et celle du paratonnerre, au potentiel du sol; *désélectrisée, elle se décompose spontanément en éléments de l'air et disparaît.* Il en est de même au contact de l'eau de la mer ou du sol (fleuves, rivières, étangs, mares, excepté *les citernes*). Dans la théorie classique, l'éclair qui frappe le paratonnerre de Franklin (ou mieux son reste) semble entrer dans la masse du paratonnerre pour se perdre dans le sol par l'intermédiaire du *conducteur*. Dans la théorie actuelle, *la matière fulminante ne pénètre nullement ni dans le sol, ni dans le paratonnerre,* elle se décompose spontanément à leur contact parce qu'ils la désélectrisent instantanément. Ce qui va au sol, c'est l'électricité de la matière fulminante.

§ 24. — **Le paratonnerre cylindrique et l'éclair cylindrique.** — Le peu d'efficacité du paratonnerre à tige vis-à-vis de l'éclair globulaire a fait souvent remettre en question la valeur de la géniale découverte de Franklin. Cette inefficacité tient à deux causes : 1° *la matière fulminante d'une foudre globulaire est vieille de plusieurs secondes (ou de plusieurs minutes) donc fortement refroidie;* sa conductibilité électrique est donc faible; 2° le contact du paratonnerre à tige et de la foudre globulaire est instable et ne se fait que par un petit nombre de points. Le paratonnerre ne désélectrise qu'imparfaitement la foudre globulaire, laquelle en explosant peut produire de graves dégâts et détruire le paratonnerre. Il est difficile de se défendre contre les foudres globulaires un peu grosses; il est possible de le faire avec les foudres de petit ou de moyen diamètre, mais cette question est difficile à résumer en peu de mots.

**E. Mathias,**
Correspondant de l'Institut.

# LES FUMÉES ET LES GAZ TOXIQUES DE L'ATMOSPHÈRE DEVANT LA LÉGISLATION[1]

M. Herriot exprimait, à la séance inaugurale du Congrès international de technique sanitaire et d'hygiène urbaine, une opinion qui a certainement eu les suffrages de tous. En matière d'hygiène, a-t-il dit en substance, il conviendrait que la réglementation s'inspirât des données de la science. Dans le cas qui va nous occuper — celui des fumées déversées dans l'atmosphère — l'occasion est belle d'appliquer la consigne. En effet le terrain est vierge ou à peu près. Je parle pour la France où la législation est muette à cet endroit[2]. Sans doute dans des centres particulièrement importants, des dispositifs réglementaires émanant de l'autorité administrative et énonçant des interdictions ont-ils tenté de remédier à une situation qui devenait intolérable; mais un seul pays, à ma connaissance, a jusqu'ici formulé des règles applicables à l'ensemble du territoire, voté une loi formulant des recommandations à cet égard, c'est l'Angleterre. Que si ma documentation est fautive, nos collègues étrangers veuillent bien me reprendre et nous apprendre à tous ce qui a pu être fait dans leurs pays respectifs.

Le consentement unanime au sujet de la nocivité des fumées est de nature à procurer au législateur, que le sujet peut tenter, une base très solide, précisément la base scientifique préconisée par M. Herriot, car ce consentement unanime est celui des hygiénistes et des hommes de science. Le difficile commencera lorsqu'on interrogera les techniciens sur les voies et moyens d'exécution.

Il serait vain de formuler une interdiction rigide si la technique ne procurait pas le moyen de s'y conformer.

Or, le vrai est, qu'en l'état actuel, si on est armé pour réduire dans une très grande proportion les fumées, on ne peut pas garantir qu'elles sont totalement évitables partout et en toutes circonstances. Aussi bien, le législateur anglais a-t-il, à notre avis, fait preuve de sagesse, en parlant non de suppression, mais de diminution des fumées.

Pour diminuer les fumées, deux techniques s'offrent. On peut ou bien chercher à les capter une fois produites, ou bien éviter de les produire. La première solution est celle des « capte suie » dont des modèles variés peuvent rendre de réels services sans qu'on puisse attendre d'aucun une suppression radicale de la fumée; c'est ce qui ressort, croyons-nous, du concours ouvert il y a quelques années à l'Office national des recherches et inventions et dont le rapport vient seulement d'être publié.

La grande industrie a à sa disposition le procédé coûteux de la précipitation électrique; mais, là encore, la suppression complète n'est pas obtenue car il semble bien établi, qu'efficace pour la précipitation des poussières et des liquides, le procédé est illusoire si on pense capter des gaz.

Les moyens préventifs font-ils mieux? Il n'est pas douteux que les résultats les plus sérieux ont été obtenus de ce côté. Il y a la manière de conduire un foyer et il y a la nature du combustible employé.

Pour éviter les fumées, la technique du chauffage et l'habileté professionnelle des chauffeurs peuvent beaucoup plus que les appareils fumivores.

On sait par exemple que les foyers mécaniques à chargement continu dégagent moins de fumée que les foyers à chargements intermittents. Pareillement, le charbon pulvérisé est recommandable sous réserve que la cheminée ne l'aspire pas et ne le déverse pas dans l'atmosphère et aussi que l'on ne profite pas de la pulvérisation pour faire absorber à son foyer des charbons inférieurs trop cendreux.



Mais la nature du combustible domine la question. Il n'est pas à démontrer que l'usage de combustibles fumivores résout le problème au mieux.

En particulier, on sait, depuis longtemps, que le coke offre à ce point de vue une solution pleinement satisfaisante.

Boussingault l'avait déjà signalé et, en préconisant l'usage exclusif du coke dans le cas où aucun moyen de prévenir l'émission de la fumée ne serait applicable, l'instruction rédigée en 1855 par le Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, s'inspirait directement des vues du savant chimiste. La chose est bonne à rappeler. Elle écarte la tentation de croire nouveau un problème qui se posait déjà, avec une certaine acuité, dans les premières années de

1. Communication présentée au Congrès international de technique sanitaire et d'hygiène urbaine, à Lyon.

2. Exact au moment où cette communication a été présentée, ce renseignement est maintenant caduc. En effet, une loi tendant à supprimer les fumées a été votée au Sénat sur la proposition de M. Morizet le 18 mars 1932. La Chambre des députés l'a votée, à son tour, sans discussion, le 31 mars et elle a été promulguée le 20 avril (N. d. l. R.).

l'Empire et à propos duquel, dès cette époque, l'essentiel était dit; car la lecture de cette instruction, si nous avions le loisir de la faire, nous mettrait en présence de recommandations dont on peut dire qu'aucune n'a perdu de sa valeur.

Si, de ce passé déjà lointain, nous sautons au présent, voici, exprimée par un spécialiste parfaitement qualifié, une opinion recoupant la précédente : « Pour la production de vapeur nécessaire aux chauffages centraux et aux besoins industriels, il faut chercher, écrit M. Ch. Compère[1], directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur, à utiliser le coke de gaz, le coke métallurgique ou des fines maigres en faisant appel, au besoin, à des foyers soufflés. » A la même époque, ici-même à Lyon, formulant les principes à consulter pour l'emploi des combustibles dans les adminsitrations publiques, M. Allar faisait ressortir les divers aspects de l'utilisation du coke pour le chauffage central.

La même idée a prévalu à la commission des fumées instituée à la Préfecture de police de Paris, en 1927, dont le rapport exprime notamment l'avis que « la substitution progressive aux combustibles gras de combustibles non fumeux, tels que coke, semi-coke, gaz, mazout, etc. ou de l'électricité est seule capable de diminuer les fumées des foyers domestiques. »

Or, les foyers domestiques sont pour une large part responsables de cette pollution de l'atmosphère des villes par les fumées. Dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire dans les centres purement industriels, on a évalué cette part à 50 %, mais, ailleurs, elle peut être plus importante. A Lyon, on parle de 80 % à 90 %. Cela n'est probablement pas exagéré. Voici un édifice comme le Palais de Justice, la patine noire qui le recouvre est vraiment impressionnante et pourtant le quartier où il est édifié n'est certainement pas industriel.

On n'aboutira donc pas si l'on s'hypnotise sur les fumées « industrielles » et si l'on n'arrive pas à réduire pratiquement les fumées des foyers domestiques. Comment y parvenir? La commission précitée a recommandé comme mesures capables de hâter la substitution des combustibles qu'elle préconise.

1° L'invitation aux sociétés gazières d'étudier la production en grande quantité des combustibles qui ne produisent pas de fumée, tels que coke et semi-coke.

2° La diminution des tarifs de gaz et d'électricité, le développement des tarifs dégressifs pour l'emploi des appareils ménagers.

1. Ch. Compère. *La Fumivorité dans la région parisienne* 1926.

3° La multiplication des expositions destinées à vulgariser ces appareils.

Et, elle a indiqué comme une mesure propre à diminuer le nombre des foyers domestiques, le développement du chauffage urbain.



Mais, dans tout ceci, l'intérêt de l'hygiène, c'est-à-dire un intérêt collectif assez diffus, est seul mis en avant. Or, ces combustibles qui satisfont aux exigences de l'hygiène se recommandent aux consommateurs par des qualités qui sont de nature à toucher ceux-ci plus directement.

J'ai, pour ma part, étudié la question en me plaçant au point de vue de l'économie chimique. Les résultats de cette étude, communiqués l'an dernier au Congrès du Génie civil[1], font ressortir aux chiffres suivants le prix des 1.000 calories utilisées (le calcul étant fait sur la base des cours ou tarifs de septembre 1931, à Paris) :

| | |
|---|---|
| Anthracite anglais........... | 0,365 francs |
| Charbon anthraciteux ........ | 0,333 — |
| Coke...................... | 0,133 — |
| Gaz ....................... | 0,412 — |
| Mazout..................... | 0,151 — |

Ainsi, toutes considérations autres que l'intérêt personnel exclues, il se trouve que les 1.000 calories utilisées les moins onéreuses sont celles produites par des combustibles sans fumée, spécialement par le coke.

Cette étude vaut pour le chauffage central. Qu'en voudrons-nous retenir? C'est que quiconque prendra la peine d'étudier la question, guidé par son seul intérêt personnel — j'insiste sur ce point — la résoudra automatiquement dans le sens de la fumivorité. Mais il en est de l'intérêt comme du devoir; il est souvent plus facile à suivre qu'à connaître.

Et parmi toutes les catégories de consommateurs intéressés à ne pas ignorer un tel fait, les propriétaires d'immeubles se rangent en bonne place car ils sont et deviendront de plus en plus marchands de chauffage, *a fortiori* les entreprises de chauffage urbain, par îlots ou par quartiers, devront-elles s'en bien pénétrer.

Messieurs, de la pochette remise hier par le secrétariat du congrès, j'ai extrait avec curiosité et plaisir, le petit rapport de M. Ramarony au nom de « l'Union de la propriété bâtie de France ». M. Ramarony a voulu nous rappeler que nous étions au pays de Descartes, Descartes à qui l'on doit l'affirmation que le bon sens est la qualité la plus généralement répandue. C'est flatteur pour

1. Georges Kimpflin. *Le Problème du Chauffage dans le bâtiment.* Congrès du Génie civil, 1931.

son siècle, mais nous sommes d'un autre siècle! C'est pourquoi une expression de bon sens est toujours agréable à entendre. M. Ramarony a exprimé l'idée que toute recherche de progrès dans l'hygiène de l'habitation serait illusoire si les particuliers et spécialement les propriétaires ne s'y associaient pas; or, le moyen pour ceux-ci de s'associer à une telle recherche si une législation d'exception, entravant le libre jeu des lois économiques, leur refuse en fait la possibilité de s'y associer. C'est le bon sens même.

La possibilité, tout est là et c'est à elle d'abord qu'il faut penser, qu'il s'agisse de fumées industrielles ou de fumées d'immeubles.

Côté immeuble, nous voyons quelle circonstance heureuse plaide en faveur des combustibles sans fumée.

Dira-t-on que le profit n'est pas si évident que cela pour le propriétaire? En effet, le propriétaire fournit mais c'est le locataire qui paye; car le forfait, qui était à peu près la règle avant guerre, a complètement disparu; partout prévaut le régime du remboursement au prorata de la consommation. Dès lors, qu'importe au propriétaire que les 1.000 calories utilisées soient plus ou moins chères, puisqu'il trouvera dans les « charges » le remboursement de sa prestation. Peu lui chaut que les « charges » soient lourdes ou légères. Dans l'hypothèse où il n'a pas sa liberté de manœuvre, cela peut être; dans l'hypothèse contraire cela a toute raison de ne pas être. Là, en effet, où la liberté de convenir reprend ses droits, le propriétaire a tout intérêt à soulager le chapitre des « charges », dont il ne tire aucun revenu, de manière à ce que le prix d'ensemble paraisse plus acceptable au locataire.

Tout cela vient à l'appui du vœu de M. Ramarony et ce vœu est au fond pour qu'on renonce à ces pratiques de législation à la petite semaine dont se meurt notre Droit et dont pâtit notre économie. Il est, par voie de conséquence, pour le sujet qui nous occupe, conforme au vœu de l'hygiène.

Ce n'est pas tout. A cette consommation de combustibles sans fumée, l'hygiène trouvera un autre profit. Personne ne peut ignorer que la circulation automobile, spécialement celle des poids lourds, a de funestes effets sur les cheminées dont les matériaux ont tendance à se disjoindre et il est superflu d'appuyer sur les dangers d'intoxication qui en découlent. Il y a une recrudescence de morts subites et on ne songe pas toujours à l'oxyde de carbone. Or, les combustibles sans fumée s'accommodent de conduits d'évacuation, en matériaux spéciaux d'une imperméabilité aux gaz très supérieure, parce qu'ils sont moins sensibles aux ébranlements de la circulation, à celle offerte par les cheminées en briques.

C'est un autre aspect de l'hygiène de l'atmosphère et de l'habitation qui trouvera toute sa valeur dans la construction neuve.



Voici donc, de ce côté, le possible dégagé. Le moment est maintenant venu de ne pas perdre de vue le titre de ma communication : les fumées devant la législation. Où en est-on en matière législative?

On en est à discuter une proposition de loi dont MM. Aubriot, Levasseur et Leboucq sont les auteurs et qui, votée le 13 juillet 1927 par la Chambre des députés, est en instance, depuis lors, devant le Sénat.

Le 31 mars 1931, au nom de la commission de l'administration générale, départementale et communale de la Haute Assemblée, M. André Morizet, rapportant cette proposition, après avoir déclaré que son texte avait besoin d'être précisé, complété et, sur certains points, modifié, proposait une rédaction qui n'avait plus de commun que le titre avec celle votée par la Chambre.

Nous ne penserons pas pouvoir mieux le démontrer qu'en confrontant les deux textes.

*Texte voté par la Chambre des députés.*

« Article premier. — Peuvent être interdites, par arrêté préfectoral, après avis du Conseil départemental d'hygiène, les émissions de fumées, suies, gaz, cendres et poussières produites par les foyers industriels et commerciaux pouvant nuire à la santé et à la sécurité publique, à la bonne conservation des monuments ou à la beauté des sites.

Art. 2. — Les inspecteurs des établissements classés ou les inspecteurs du travail sont chargés de constater les infractions à la loi et au règlement prévu à l'article 4.

Art. 3. — Tous chefs, directeurs ou gérants d'établissements industriels et commerciaux, qui auront contrevenu aux prescriptions ci-dessus formulées, seront passibles des peines prévues par les articles 471, 482 et 483 du Code pénal.

L'article 463 du Code pénal est applicable aux pénalités prononcées en vertu de la présente loi.

Art. 4. — Un règlement d'administration publique, pris dans les six mois de la promulgation de la loi, en précisera les conditions d'application.

Art. 5. — La présente loi entrera en application un an après la publication du règlement d'administration visé par l'art. 4.

*Texte proposé par la commission du Sénat.*

Article premier. — Il est interdit aux établissements industriels, commerciaux ou administratifs d'émettre soit des fumées, soit des suies, soit des poussières, soit des gaz toxiques ou corrosifs, susceptibles d'incommoder le voisinage ou de polluer l'atmosphère ou de nuire à la santé ou à la sécurité publiques, à la bonne conservation des monuments ou à la beauté des sites.

Des arrêtés préfectoraux réglementeront cette interdiction.

Art. 2. — Les contraventions sont constatées conformément aux prescriptions de l'article 22 de la loi du 19 décembre 1917.

Art. 3. — Les pénalités encourues sont celles de l'article 32 de la loi du 19 décembre 1917. Toutefois, pour les établissements dont le classement aura été motivé par leur production de fumée, suies, poussières ou gaz, les pénalités encourues seront celles de l'article 34 de la même loi.

Art. 4. — La présente loi entrera en application un an après sa promulgation.

***

Dès le vote par la Chambre de la proposition Aubriot, Levasseur et Leboucq, des protestations s'étaient élevées. La Chambre de commerce de Paris et celle de Metz, notamment, émirent le vœu que cette proposition ne fût pas adoptée par le Sénat. Elle péchait par manque de base scientifique, parce qu'elle supposait résolu un problème qui en réalité ne l'est pas; parce qu'elle alliait une généralité et une uniformité de prescription à une latitude inquiétante d'application. L'usage de la loi n'était-il pas mis à la discrétion des préfets? Ce qui faisait dire à la Chambre de commerce de Metz, où l'on n'a pas coutume de voiler sa pensée, que la proposition en question « permettrait, si elle passait, de sacrifier des personnes, des industries ou des régions à des intérêts s'abritant derrière des considérations hygiéniques, artistiques ou autres. »

Enfin les pénalités prévues à l'endroit des contrevenants — qui pouvaient aller jusqu'à l'emprisonnement — n'étaient-elles pas excessives? Elles l'étaient d'autant plus qu'elles frappaient le patron responsable de son chauffeur et que celui-ci, disposant dans une certaine mesure de la possibilité de déverser ou non de la fumée dans l'atmosphère, — puisque, ainsi que nous le rappelions tout à l'heure, la fumivorité dépend pour beaucoup de la conduite du feu — pouvait le faire par malignité.

Quelles considérations ont déterminé M. Morizet dans les modifications apportées par lui au texte de la Chambre, il l'explique article par article.

Je ne le suivrais pas dans le détail, de ses justifications, sans abuser de vos instants.

Vous me permettrez, seulement, Messieurs, d'en résumer très brièvement la substance :

Les préfets ne sont plus libres d'appliquer ou de ne pas appliquer la loi. Il leur appartient seulement de spécifier, dans chaque cas, les conditions de l'interdiction suivant les circonstances locales, suivant ce que M. Morizet appelle les « contingences » climatériques et suivant le régime éolien; et il est très bien d'avoir pensé à la météorologie qui avait son mot à dire. Elle l'a d'autant plus que, réciproquement la pollution de l'air par les fumées est très capable d'influer sur les conditions climatériques d'une région.

Passe-t-on à la procédure, M. Morizet, pour la fixer, « a longuement étudié les termes d'un texte qui, s'inspirant de la loi du 19 décembre 1917, relative aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes, prévoit une procédure de mise en demeure, en conclusion de laquelle les inspecteurs des établissements classés et les inspecteurs du travail dresseront en cas de besoin, des contraventions. »

Enfin pour les pénalités, les tarifs prévus par la loi du 19 décembre 1917, paraissent à M. Morizet convenir bien mieux que les articles du Code pénal visés par le texte de la Chambre.

A tout cela nous serions mal venus à ne pas souscrire; en effet, ce sont, reprises dans un rapport du 31 mars 1931, à peu près point par point, les idées que nous avons émises dans la revue « Chaleur et Industrie »[1] en février 1928.

J'éprouve tout le ridicule qu'il y a à se citer soi-même. Vous m'excuserez de ne pas résister à la tentation de m'en couvrir. Après m'être étonné qu'un tel sujet qui intéresse l'urbanisme, l'économie nationale, la santé publique et l'hygiène n'ait pas tenté l'initiative gouvernementale et que nous ne soyons pas en face d'un projet de loi, j'écrivais à cette époque : « Dans un tel projet, le Préfet ne serait, sans doute, pas laissé maître d'appliquer ou de ne pas appliquer la loi. Cette porte ouverte à tous les abus serait fermée; et l'on ne risquerait pas que poursuites ou exemptions, motivées à l'occasion, par des considérations étrangères à la technique et à la salubrité ne pussent tourner à l'avantage ou au désavantage de tel industriel ou de telle industrie, sans droit de recours pour personne. La recommandation

1. Les fumées industrielles devant le Parlement. (*Chaleur et Industrie*, février 1928.)

de procéder d'abord par voie d'injonction et de conseils y serait à sa place. C'est la méthode employée par les inspecteurs des établissements dangereux, incommodes et insalubres qui, soit dit en passant, ne se désintéressent nullement dans ces établissements de la question des fumées, gaz, suies, cendres et poussières. Les exigences *en cette matière* pourraient être étendues aux établissements non classés.

Mieux que du Code pénal, les pénalités s'y inspireraient avec plus de mesure, des dispositions de la loi du 15 février 1902 sur l'hygiène ou de celle du Code du travail relatives à l'hygiène et à la salubrité dans les établissements industriels et commerciaux (qui ne sont autres que celles de la loi du 19 décembre 1917); toutes dispositions ne prévoyant pas de peines corporelles, mais seulement des amendes qui pourraient être assez lourdes en cas de mauvaise volonté et s'accompagner au besoin de l'exécution d'office des travaux nécessaires. »



Ceci dit, reste le principe posé d'une interdiction sans réserve qui, même avec l'atténuation que comporte le rôle imparti aux Préfets, préjuge du degré d'avancement de la technique. A interdire sans certitude que chacun a le moyen technique de se conformer à l'interdiction, on a le choix entre deux risques : celui d'émousser l'autorité, ou celui de paralyser l'activité économique. Le plus singulier c'est que les immeubles à chauffage central soient exclus de l'interdiction, laquelle pèse seulement sur les établissements industriels, commerciaux ou administratifs — encore « administratifs » vise-t-il probablement les établissements industriels ou commerciaux dont l'Etat est le patron; car il n'est pas bien certain que, même au Sénat, on ne fasse cette confusion en vertu de laquelle le plus minuscule employé d'un service aussi dénué qu'il se peut du caractère de la puissance publique, se croit un fonctionnaire, dès lors qu'il est payé par l'Etat.

Singulier disons-nous, car l'exclusion porte justement sur un cas où la technique propre à éviter les fumées est peut-être — et nous venons de le voir — la mieux établie.

Il ne faut vouloir que ce qui est possible. Il y a dans la législation anglaise un certain « as far as possible » auquel il faudrait bien trouver pour la loi française une bonne traduction française.

Ces possibilités, ce n'est ni le législateur, ni l'administrateur, ni l'hygiéniste qui les préciseront. Seuls les techniciens du chauffage en sont capables. Pourquoi ne leur demanderait-on pas de rédiger une instruction purement technique, conçue dans une forme accessible à tous, exempte de toute prétention réglementaire, bref une instruction condensant en quelques formules claires toute la science qu'on a du sujet et telle que quiconque en suivrait les avis serait assuré de faire tout ce qui est techniquement possible pour diminuer les fumées?

Justement, l'an prochain se réunit à Paris le *Congrès du chauffage industriel.* C'est un congrès à période quinquennale dont les travaux se développent avec le sérieux qui convient aux régions élevées de la technique où ils se placent. Un tel congrès, qui peut mieux que quiconque se mettre au fait de la question, est apte à débrouiller l'écheveau du possible d'avec celui de l'impossible, et s'il consentait à rédiger l'instruction dont je parle, celle-ci bénéficierait de la base la plus solide, la base scientifique souhaitée par M. Herriot.

Alors, le vœu des hygiénistes, qui est celui de tout le monde — car personne ne se complaît dans une atmosphère impure — pourrait être exaucé par le législateur.

C'est pourquoi je suggère l'idée — sans toutefois déposer de vœu à ce sujet car les vœux s'adressent aux pouvoirs publics et non à soi-même — que la commission permanente du Congrès de technique sanitaire et d'hygiène urbaine se mette en relation avec des organisateurs du Congrès de chauffage industriel et signale à ceux-ci l'intérêt que les hygiénistes verraient à ce qu'ils inscrivissent à l'ordre du jour de leur congrès la question des fumées en vue d'aboutir dans le sens que je viens d'indiquer [1].

**Georges Kimpflin,**
Docteur ès Sciences.

1. En attendant cette échéance, le congrès des hygiénistes et techniciens municipaux a fait à la question une place prépondérante dans son ordre du jour.

# BIBLIOGRAPHIE

## ANALYSES ET INDEX

### 1° Sciences mathématiques.

**Ser** (J.). — **Les calculs formels des séries de factorielles.** — 1 *vol. in-8° de* v-99 *pages. Gauthier-Villars*, 1933. *(Prix :* 20 *fr.)*

L'auteur expose la suite des calculs qui se présentent naturellement quand on donne à la variable d'une fonction uniforme des valeurs entières seulement. En éliminant, dans un but de simplification, les fonctions périodiques, on délimite ainsi une classe remarquable de fonctions. Des méthodes élémentaires, commodes, peuvent alors être employées.

La considération simultanée de $f(x)$ et de $f(-x)$ procure de grands avantages dans l'étude du sujet.

Il est remarquable que les coefficients des développement en séries des puissances de log. $(1-z)$ reviennent constamment ceux des puissances 1 et $-1$ de cette fonction : ces derniers prennent ici la place des nombres de Bernoulli dans les formules sommatoires.

La fonction gamma revient sans cesse dans les calculs et M. Ser donne une expression du reste de Stirling qui est convergente et qui se prête au calcul. L'auteur donne aussi une expression nouvelle de la fonction qui figure dans le développement de gamma $(s)$.

Nous assistons à un renouveau des spéculations mathématiques à points de vue numériques du XVIII[e] siècle : nous ne pouvons que nous féliciter de cette orientation actuelle de certains mathématiciens.

R. M. B.



**Viaud** (M.). — **Cours. de Poids et mesures.** — Tome II, **Technique et réglementation.** — 1 *vol. de* 426 *pages, avec* 289 *figures. Librairie de l'enseignement technique, L. Eyrolles, éditeur, Paris,* 1933. *(Prix : br.,* 50 *fr.)*

Dans la première partie, intitulée *Législation des poids et mesures* l'auteur donne des indications générales sur le rôle du service des poids et mesures et les attributions dévolues à ce service par l'importante loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure. Cette partie constitue le premier volume.

Dans la seconde partie, matière du présent tome, les instruments dont le service des poids et mesures assure présentement le contrôle (longueurs, volumes, masses) sont étudiés d'une manière approfondie. L'ouvrage donne les principes sur lesquels s'appuient les instruments et les dispositions réglementaires applicables à chaque espèce, puis les méthodes utilisées pour la vérification, considérée au point de vue technique. Il traite, en particulier d'une manière complète, des instruments de pesage et, notamment, pour la première fois dans un ouvrage français de librairie, des balances automatiques dont l'usage s'est développé au cours de ces dernières années.

Cet ouvrage, écrit dans un esprit moderne, et faisant état des plus récentes prescriptions réglementaires, sera particulièrement utile aussi bien aux candidats aux carrières de l'administration des poids et mesures, qu'aux personnes déjà en rapport avec cet important service, pour qui il constituera une documentation complète. Les fabricants y puiseront notamment des indications précieuses sur les textes applicables aux instruments qu'ils construisent; les industriels, commerçants, et innombrables usagers d'instruments de pesage et de mesurage, y trouveront des renseignements utiles sur les obligations réciproques du service des poids et mesures et du public, et sur la manière dont on peut se garantir des fraudes sur la quantité des marchandises livrées.

Nous souhaiterions cependant encore comme nous l'avons déjà dit en présentant le premier volume que l'auteur donnât un complément à son ouvrage en traitant les unités de mesure si nombreuses, usitées dans les sciences, le commerce et l'industrie, qui sont en marge du système métrique et au sujet desquelles il est si difficile d'avoir des renseignements.

L. P.

### 2° Sciences physiques.

**Pascal** (P.). — **Traité de Chimie minérale.** — Tome VIII. *Masson, éditeur, Paris,* 1933. *(Prix : broché,* 210 *fr.)*

La publication de ce traité magistral arrive bientôt à terme, et restent seuls à paraître les métaux alcalins (tome VI) et les éléments radioactifs et gaz rares (tome XII et dernier). On ne saurait trop admirer l'opiniatreté qu'il a fallu à M. Pascal pour mener à bonne fin cette énorme entreprise qui place la France au premier rang de la littérature chimique.

Il ne convient guère de rappeler à chaque nouveau volume les mérites et l'intérêt de cette encyclopédie de la chimie minérale. Le public en est déjà suffisamment averti. Le premier article du présent volume est consacré aux éléments des terres rares, c'est-à-dire à ceux qui sont renfermés en quantités notables dans des minerais très peu nombreux. On en dénombre 17 assez mal connus. L'article de 314 pages, a été rédigé par M. F. Bourion. Par contre le 2[e] article est réservé, lui, à un métal connu depuis des millénaires : le cuivre, et est dû à M. Jean Isabey et comporte 235 pages.

Le 3[e] article, de 115 pages, signé de M. L. J. Obmer est relatif à l'argent métal disséminé sur toute la surface de la terre et même dans les pierres météoriques.

Le 4e article concernant le premier métal connu des hommes : l'or est de M. F. Meyer. Il comporte 133 pages. Le 5e article dont les 376 pages ont été écrites par M. L. Tourneux est consacré au mercure que n'ignoraient déjà pas les Grecs et les Romains.

Comme d'habitude une abondante bibliographie, arrêtée en 1932, accompagne chaque article et une table alphabétique étendue des matières termine encore ce volume, lequel comme les précédents est par surcroît une œuvre typographique de choix qui fait honneur à l'édition française; le mérite en revient à l'éditeur qui y a consacré beaucoup de soins.

L. P.

***

**Langeron** (M.). — **Précis de Microscopie.** — 1 *vol. de* 1205 *pages, avec* 355 *figures. (Collection de Précis médicaux.) Masson et Cie, éditeurs, Paris,* 1933. (*Prix : broché,* 86 *fr.*)

Les éditions précédentes de ce précis de microscopie ont toujours été soigneusement remaniées et mises à jour. Pour cette cinquième édition, l'ouvrage a subi une refonte totale qui en fait presque un livre nouveau. Des chapitres entiers ont fait l'objet d'une nouvelle rédaction, de sorte que pour ces chapitres, il n'est rien resté du texte primitif que l'auteur a jugé insuffisant ou désuet; l'ouvrage a été augmenté d'environ deux cents pages et de 49 figures; ce supplément de texte et d'illustration était nécessaire parce que le nombre des procédés récents l'emporte de beaucoup sur celui des méthodes périmées.

En dehors des modifications de détail, parsemées dans le texte, il importe de signaler les nouveautés suivantes : la question de l'éclairage du microscope a été très simplifiée, grâce à la description du matériel récent mis à la disposition des travailleurs; les appareils pour l'examen en lumière réfléchie, les microspectroscopes et les micromanipulateurs, dont l'emploi s'affirme de plus en plus nécessaire, constituent un chapitre nouveau. Pour la microphotographie, outre un formulaire simplifié et une description détaillée du microprojecteur universel de Leroux, l'auteur donne des indications sommaires mais précises sur l'emploi des rayons infra-rouges qui fournissent avec une instrumentation très simples, des résultats surprenants, et sur les applications des rayons ultra-violets filtrés à la fluoroscopie. Les méthodes d'imprégnations métalliques, trop sommairement exposées dans les éditions précédentes, sont décrites d'une façon aussi complète que le permet l'étendue de l'ouvrage; les chapitres concernant les colorations vitales et les techniques cytologiques ont été entièrement renouvelés et mis au courant des théories et des procédés les plus récents; il en est de même pour la plus grande partie de la microchimie, y compris la détermination du *p*H et du *r*H2 : un grand nombre de réactions nouvelles ont été ajoutées avec les détails nécessaires pour les effectuer correctement.

Enfin, l'étude des procédés de culture des protozoaires (amibes et flagellés) et les champignons, a été débarrassée des détails inutiles, et enrichie de méthodes nouvelles ou inédites.

Pour la plupart des procédés, surtout pour ceux qui sont relativement tout à fait nouveaux, et non encore classiques, l'auteur a soin de donner toujours les références bibliographiques qui permettent au lecteur de se reporter aux sources pour un supplément d'information. Telle qu'elle est présentée, cette nouvelle édition d'un livre qui est déjà entre les mains de la plupart des travailleurs, devient un instrument de travail très perfectionné, que tout laboratoire, désireux d'être au courant des méthodes modernes, devra posséder.

L. P.

***

**Broglie** (Louis DE). — **L'Electron magnétique.** — 1 *vol. de* 315 *pages. Hermann et Cie, éditeurs, Paris,* 1934. *(Prix : broché,* 100 *fr.)*

La théorie de l'électron, due à M. Dirac présente un grand intérêt et constitue, en effet, la forme la plus parfaite que nous possédions actuellement de la Mécanique ondulatoire de l'électron. Elle concilie les idées relativistes et les conceptions quantiques. Elle précise sous une forme en accord avec les principes de la nouvelle physique, l'hypothèse du corpuscule électrisé magnétique et tournant de MM. Uhlenbeek et Goudsmit.

La théorie de Dirac permet enfin de rendre compte d'importants faits expérimentaux et par là elle reçoit une belle confirmation.

M. de Broglie a jugé utile d'en publier un exposé général en rédigeant les cours qu'il a faits ces dernières années à l'Institut Henri-Poincaré pour montrer que la théorie de Dirac n'est pas un simple jeu de théoriciens. Il a fait dans la première partie de son livre un exposé des phénomènes qui ont reçu d'elle une interprétation satisfaisante, en montrant, par surcroît que ces phénomènes étaient rebelles à toute explication complète par les anciennes théories ou même par la mécanique ondulatoire sous sa forme initiale.

Il a réservé dans cette première partie de l'ouvrage une certaine place au rappel des principes généraux de la nouvelle mécanique et de la conception des lois physiques qui en découlent.

Dans l'exposé de la théorie qui fait l'objet de la deuxième partie, il a conservé la forme un peu dissymétrique des équations employées dès le début par Dirac sans chercher à prendre des notations symétriques au point de vue relativiste. Cette recherche d'une symétrie de forme lui a paru, en effet, un peu vaine, parce que la théorie de Dirac malgré l'invariance de forme de ses équations pour une transformation de Lorentz doit faire jouer au temps un rôle particulier pour rester en accord avec les principes actuels de physique quantique.

Enfin, dans cette deuxième partie il consacre un

chapitre à une vue systématique de l'ensemble de la théorie qui aidera le lecteur à en saisir l'harmonie.

La troisième partie comprend l'interprétation par la théorie de Dirac, des faits expérimentaux rappelés dans la première; puis, enfin, une étude de certaines conséquences un peu étranges des équations fondamentales, en particulier la prévision des états à énergie négative. L'auteur a exposé ses difficultés, sans en préconiser aucune solution, car quelle que soit la manière dont on sera amené dans l'avenir à les résoudre, elles valent d'être étudiées, car elles ont leurs racines dans les bases mêmes de la théorie.

Cet ouvrage édité par la librairie Hermann avec un soin inaccoutumé et un luxe de présentation auquel on n'était plus habitués ,permettra au lecteur de saisir à la fois la beauté de la théorie de Dirac, son utilité, et aussi ses lacunes et ses points faibles.

L. P.

## 3° Sciences naturelles.

**Bureau d'Etudes Géologiques et minières coloniales. — Les ressources minérales de la France d'Outre-Mer, le Charbon.** — *1 vol. in-8° de 245 pages. Société d'Editions géographiques et coloniales, éditeur, Paris*, 1933.

Le bureau d'Etudes géologiques et minières coloniales poursuit, par la publication de ce volume, le programme qu'il s'est tracé lors de sa fondation et qui est de faire toujours mieux connaître les colonies françaises au point de vue géologique et minier. Le présent volume est la suite naturelle du volume *La Géologie de la France d'outre-mer* dont un compte-rendu a déjà été donné dans ces colonnes, et qui fournissait une idée d'ensemble de ces problèmes; il sera suivi à son tour, d'un deuxième qui paraîtra incessamment, et ayant pour objet l'examen des minerais métallurgiques.

Celui-ci traite exclusivement des quatre centres de production existant actuellement dans notre empire colonial : en Algérie, au Maroc, en Indo-chine et à Madagascar.

L'article sur l'Afrique du Nord a été rédigé par M. Clariond; celui sur Madagascar, par M. Blondel; celui sur l'Indochine également par M. Blondel. Enfin, quelques pages ont été consacrées par M. Guillemot aux gisements néo-calédoniens.

De nombreuses esquisses géologiques, perspective et coupe, illustrent cet ouvrage dont l'utilisation est facilitée par un index géographique et technique.

Pour ceux qui n'ont pas pu suivre les conférences du Muséum organisées par les soins du Bureau d'Etudes minières coloniales, placées sous le haut patronage de M. Lacroix Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, ce volume sera plein d'intérêt et d'enseignement, comme l'ont été elles-mêmes, les conférences pour les privilégiés qui ont pu les écouter.

F. M.

***

**Fourmarier** (P.). — **Principes de Géologie.** — *1 vol. grand in-8° de 882 pages, avec 537 figures, et 6 planches hors texte. Masson et Cie, éditeurs, Paris*, 1933. (*Prix* : 250 *fr.*)

Ce très important ouvrage de M. P. Fourmarier sera certainement accueilli avec grande faveur par les géologues. Il ne manque pas, écrit l'auteur, d'excellents traités de géologie pure, de géologie appliquée, de géographie physique permettant d'acquérir des notions très complètes sur ces diverses branches de la science. L'ouvrage que nous présentons au public scientifique ne dispense pas de la lecture de ces traités. Ici on a simplement voulu dégager les principes de la science géologique dans son acception la plus étendue afin de faciliter, à ceux qui débutent dans ce domaine, l'étude des ouvrages plus complets.

Les trois premières parties de l'ouvrage : 1° les principes fondamentaux, l'observation des faits; 2° la formation des roches; 3° l'évolution des roches, logiquement enchaînées, constituent un tout; l'observation est à la base de la géologie; les caractères des trois grandes catégories de roches : sédimentaires, magmatiques, et cristallophyliennes sont minutieusement décrits; les relations des masses minérales et l'altération superficielle des roches y font une suite logique. Deux chapitres de la première partie sont consacrés à la terre dans son ensemble et à son origine.

La formation des roches ne peut se comprendre qu'en étudiant d'abord en détail les phénomènes de la nature actuelle. Les conditions du milieu, les dépôts continentaux, les sédiments marins détritiques ou de précipitation sont passés en revue, ainsi que les dépôts organiques; cela permettra au lecteur de comprendre l'évolution des roches exposée plus loin; la fin de la deuxième partie est consacrée à l'étude des roches magmatiques et de leurs différenciations.

L'évolution des roches doit être étudiée au point de vue géométrique et au point de vue lithologique; au point de vue géométrique les plissements et les fractures qui sont en relation avec eux, ainsi que les dislocations radicales sont étudiés point par point; il en de même des causes et des processus de déformation de l'écorce terrestre. On en arrive ainsi à l'évolution régionale ou généralisée des roches, à l'étude des importants phénomènes de métamorphisme et des relations entre les divers modes d'évolution de la matière minérale. En annexe aux trois premières parties de l'ouvrage on trouve l'application des principes généraux, passés en revue, au levé et à l'interprétation des cartes géologiques.

La quatrième partie conduit près du but final de la science géologique; l'établissement de l'histoire de la terre depuis l'époque la plus reculée jusqu'à l'époque actuelle, avec, comme conclusion, la détermination des règles qui régissent éventuellement l'évolution de l'écorce terrestre. L'histoire géo-

logique de chaque continent est successivement analysée aux diverses périodes et les trois grandes règles fondamentales de l'architecture de l'écorce terrestre : la règle de la permanence, la règle du parallélisme des plissements successifs et la règle de symétrie sont esquissées de main de maître.

La cinquième partie est intitulée : *Principes de géographie physique*; l'étude de la géographie physique doit se baser sur une connaissance approfondie de la géologie, puisque l'aspect actuel du globe est la suite normale de son évolution antérieure. C'est en se basant sur ces considérations que l'auteur dégage les principes de paléogéographie, de climatologie, de paléoclimatologie, d'océanographie et d'hydrographie continentale, pour terminer par la morphologie.

L'ensemble des cinq parties de cet important ouvrage, solidement charpenté, laisse l'impression d'un travail longuement mûri, d'une œuvre de saine logique d'où les détails superflus, qui auraient pu masquer les grandes lignes directrices ont été éliminés. Illustré, non pas de photographies souvent peu démonstratives, mais de croquis qui reflètent clairement la pensée de l'auteur, ce travail apporte une importante contribution à la science.

L. P.

***

**Binet** (Léon). — **Scènes de la Vie animale.** — 1 *vol. in*-16 *de* 155 *pages. Librairie Gallimard. N.R.F., Paris*, 1933.

Léon Binet, professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Paris, a compris l'intérêt et l'importance de faits empruntés à toutes les branches du règne animal dans l'enseignement destiné aux étudiants en médecine. Ce sont quelques-uns de ces faits qu'il rapporte dans ce petit volume « d'histoire naturellle ». En leur conservant toute leur rigueur scientifique, il a su les présenter de façon attrayante et originale et les grouper sous des titres qui font de chacun des chapitres un petit roman, empreint souvent d'une délicate poésie : la danse chez les animaux, l'offrande nuptiale, la fourmi assistante sociale...

Biologistes et profanes liront ce livre avec autant d'agrément. Les premiers y trouveront suscités des sujets de recherches : un index bibliographique, à la la fin de chaque article, leur permettra une orientation facile. Les seconds y verront la révélation de toute une série de faits merveilleux. Parmi ces faits, beaucoup se rapportent à l'activité sexuelle, tant est universelle la puissance de l'amour, et leur lecture constitue une véritable initiation. Jean-Paul, Claude et Jacques-Louis, à qui le livre est dédié pour quand ils seront grands, y trouveront, j'en suis sûr, grand profit. Je conseille à beaucoup de lecteurs de les précéder dès maintenant.

J. VERNE.

## 4° Sciences médicales.

**Metchnikoff.** — **Trois Fondateurs de la médecine moderne : Pasteur, Lister et Koch.** — 1 *vol. de* 196 *pages, de la Nouvelle Collection scientifique de M. Borel. Alcan, éditeur, Paris*, 1933. (*Prix : broché*, 15 *fr.*)

Les disciples de Metchnikoff ont la conviction qu'il était nécessaire de publier ses derniers écrits comme un supplément aux « Etudes sur la nature humaine » et aux « Essais optimistes ». C'est donc ici la dernière manifestation d'une pensée toujours vivante et le testament d'une grande vie.

On y retrouve le prophète de l'orthobiose, de cette thèse que le vrai but de l'existence c'est la vie elle-même conforme aux dispositions de l'individu et prolongée jusqu'à l'apparition de l'instinct de la mort.

C'est pour la jeunesse et non pour les savants qu'il a retracé le caractère des trois illustres fondateurs de la médecine moderne avec l'idée que si ses pages étaient lues par les adolescents elles pourraient déterminer des vocations.

On y retrouve sa manière d'exposer, simple et lumineuse, son aisance à mettre en relief les faitse et les idées dominantes, le contact direct avec les hommes de génie, l'habitude de traiter les faits de la vie comme des faits scientifiques, l'enthousiasme pour les recherches scientifiques.

Ce dernier ouvrage de Metchnikoff est un modèle des récits scientifiques propres à enflammer la jeunesse.

Son dernier mémoire sur la mort du papillon du mûrier que l'on trouvera ici est l'un des plus curieux qu'il ait rédigés; il est indspensable pour la compréhension de ce phénomène exceptionnel de la nature : une mort naturelle, plus difficile à concevoir qu'on ne le croit d'ordinaire et qui est la clé de l'orthobiose. Ce chapitre aurait dû être inséré dans les « essais optimistes » où il ferait pendant au fameux chapitre sur les centenaires de notre espèce, qui ont fait de l'orthobiose sans le savoir.

Dans toutes ses pages on trouvera que Metchnikoff ne choisit pas entre l'optimisme et le pessimisme comme se sont cru forcés de le faire Lieblitz et Schopenhauer. Sa solution c'est que l'optimisme et le pessimisme traditionnels ne sont que des opinions subjectives qui s'expliquent par les désharmonies de la nature humaine et que celles-ci peuvent être corrigées par la science.

L'auteur a été l'un des plus grands savants du siècle dernier, et de plus un biologiste philosophe. Comme Montaigne, il enseigne l'art de jouir loyalement de son être et comme Descartes, il affirme que la science nous rendra maîtres et possesseurs de la nature et de nous-mêmes et que le médecin est capable de prolonger la vie humaine dans la santé.

Les trois mémoires sur les fondateurs de la médecine moderne occupent les cent quarante-trois premières pages; le reste de l'ouvrage est constitué par les derniers écrits de Metchnikoff, où l'on trouvera,

en particulier son mémoire sur la mort du papillon du mûrier et sur les fonctions sexuelles.

L. P.

### 5° Art de l'Ingénieur.

**Marcotte** (E.). — **La technique moderne et les grands travaux.** — 1 *vol. in-16 de* 212 *pages de la Nouvelle Collection scientifique de M. Borel. Alcan, éditeur, Paris,* 1933. (*(Prix : broché,* 15 *fr.)*

La nécessité d'un équipement moderne provoque indiscutablement un avancement dans toutes les branches de la science et grâce à celle-ci la technique réalise des progrès chaque jour plus accusés.

La perfection des voies de communication est l'illustration du progrès matériel d'une nation. C'est le que l'auteur met en lumière dans un premier chapitre sur la Route. D'autre part les progrès de la chimie des liants hydrauliques a permis de réaliser des travaux gigantesques comme ceux des ports maritimes, des canaux, phares et balises objets du chapitre II.

Les progrès de la lumière, de l'optique, de l'électromagnétisme nous ont procuré la T. S. F., le cinéma, l'éclairage rationnel des salles et des routes, etc... la signalisation à distance pour les chemins de fer et l'aéronautique dont nous entretient le chapitre III.

L'élaboration des aciers spéciaux et des alliages divers, a été facilitée par certains moyens mécaniques, mais s'est effectuée avant tout, grâce à l'avancement de la physicochimie; tous ces progrès de la métallurgie sont passés en revue au chapitre IV.

Par l'étude systématique du phénomène de double réfraction accidentelle, on est parvenu à déterminer les tensions intérieures dans des modèles à échelle réduite des pièces et même des constructions entières. Cette nouvelle science, la photo-élasticimétrie, permettra de nouveaux progrès dans les constructions diverses comme on peut le voir au chapitre V.

A la chimie colloïdale on doit les progrès (chapitre VI) dans les revêtements bitumineux, hydrocarbonés, des routes, dans la lutte contre l'humidité des bâtiments, l'imperméabilité des barrages hydrauliques. La chimie du verre également a permis de magnifiques constructions avec la gamme des produits vitrifiés qu'elle met à la disposition des architectes (chapitre VII). Enfin, les fabrications céramiques et réfractaires, sont aussi basées sur des considérations scientifiques précises (chapitre VIII).

Tout l'arsenal scientifique est ainsi employé à l'utilisation des matières naturelles vers des fins utiles. Les produits de synthèse ne sont pas moins admirables, en donnant de nouvelles facilités pour la réalisation des projets. Chacun peut tirer de cette philosophie de la technique moderne d'utiles enseignements, que la lecture de cet ouvrage lui aura donnés en un raccourci saisissant.

G. P.

*
**

**Genin** (G.) — **La filtration industrielle.** — 1 *vol. de* 448 *p. avec* 372 *fig. Dunod, éditeur, Paris,* 1933. (*Prix : broché,* 88 *fr.).*

La filtration qui a une importance considérable dans l'industrie est une opération dont la bonne marche nécessite la connaissance d'un grand nombre de règles théoriques et de résultats d'expérience. Aussi appréciera-t-on tout particulièrement le livre de M. Genin qui apporte sur cette question, une documentation complète, claire et précise.

L'auteur y passe en revue les diverses catégories de filtres utilisés, en partant des plus simples pour aboutir par une logique graduation, aux derniers types créés; il en examine la construction, le fonctionnement et l'utilisation. Des études spéciales sont consacrées successivement aux deux parties qui constituent un filtre; l'agent filtrant et le filtre proprement dit. C'est-à-dire le récipient et les organes accessoires. M. Genin y met en lumière l'action particulière de chacune de ces parties et permet ainsi de les choisir de façon à obtenir un filtre adapté à un but déterminé.

Il explique ensuite les dispositifs de filtration adoptés dans les principales industries, et termine en donnant des indications sur la marche à suivre pour l'étude d'un problème de filtration.

Ce livre ne sera pas moins utile à l'ingénieur ou au savant qui effectuent des recherches qu'à l'industriel soucieux d'améliorer ses fabrications par le perfectionnement de son outillage.

F. M.

# ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
## DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

### ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

*Séance du* 3 *Janvier* 1934.

**J. Constantin** : Expériences culturales sur la Pomme de terre dans les Pyrénées. — **P. Viala** et **P. Marsais** : Sur le Court-Noué, maladie parasitaire de la vigne. — **J. Cabannes** et **J. de Riols** : Sur le spectre Raman de l'eau. — **E.-J. Gumbel** : L'espérance mathématique de la $n^e$ valeur. — **P. Vincensini** : Transformations successives de Ribaucour. Familles de systèmes cycliques concourants. — **Bertrand Gambier** : Théorèmes de Meusnier et Moutard ; surfaces algébriques osculatrices à une surface. — **Georges Giraud** : Sur certains problèmes mixtes, relatifs aux équations linéaires du type elliptique. — **F. Leja** : Sur une fonction limite liée aux polynômes de Lagrange et aux ensembles fermés. — **Arnaud Denjoy** : Sur une fonction do Minkowski. — **V.-A. Kostitzin** : Sur les phénomènes élastiques héréditaires et le principe du cycle fermé. — **Max Serruys** : Sur le rôle des peroxydes dans le cognement des moteurs à essence. — **P. Dumanois** : Au sujet de la combustion dans les moteurs. — **A. Eteve** : Sur un moulinet à vitesse lente. — **Paul Bourgeois** et **J.-G. Cox** : Sur la répartition des inclinaisons et des excentricités des orbites des petites planètes. — **Al. Proca** : Sur la mécanique quantique des photons. — **Pierre Vernotte** : Mesure de la conductibilité thermique et de la chaleur spécifique des isolants. — **V. Posejpal** : Matérialisation de l'éther. — **A. Cotton** : Remarques sur la note précédente de **V. Posejpal**. — **Maurice Robert** : et **René Ozoux** : Sur un nouveau voltmètre amplificateur. — **J. Cayrel** : Remarques sur la note de M. Anastasiadès intitulée : « Sur le mécanisme de la rectification dans les redresseurs sulfure cuivrique-magnésium ». — **Paul Janet** : Observation à propos de la note précédente. — **Jean Lecomte** : Spectres d'absorption infrarouges de dérivés monahalogénés des carbures saturés aliphatiques. — **D. Seferian** : Sur une méthode de production du spectre de l'azote atomique (NI). — **A. Grumbach** et Mlle **M. Ribaillier** : Sur la photoluminescence de la soude et de la potasse. — **René Lucas, Marcel Schwob** et **Antoine Goldet** : Variation thermique de la biréfringence magnétique et de la dispersion du phénylsuccinate d'éthyle. — **P. Jacquet** : Sur la structure des dépôts électrolytiques de cuivre obtenus en présence de certains colloïdes. — Mlle **Y. Cauchois** : Focalisation des rayons X diffusés par des lames cristallines planes. — **Horia Hulubel** : Méthodes de focalisation dans l'analyse des poudres cristallines. — **F. Joliot** : Sur la dématérialisation de paires d'électrons. — **Pariselle** et **Delsal** : Etude polarimétrique des complexes ferritartriques. — **J. Cournot, M. Chaussain** et **H. Fournier** : Sur la tenue de quelques alliages légers à la corrosion marine. — **Louis Médart** et Mlle **Thérèse Petitpas** : Observation de la bande Raman OH de l'acide nitrique. — Mlle **B. Gredy** : Spectres de quelques alcools acétyléniques. — **André Chrétien** et **Raymond Rohmer** : Sur les hydrates du sulfate de nickel. — **Michel Flanzy** : Nouvelle méthode de microdosage de l'alcool méthylique en présence de quantités importantes d'alcools homologues. — Mme **Ramart-Lucas** : Couleur et structure d'oximes aromatiques. — **Henri Wahl** : Sur les dérivés chlorés du paraxylène — **Raymond Quelet** : Sur une méthode de préparation synthétique des dérivés chlorométhylés des éthers-oxydes phénoliques. — **René Perrin** : Réflexions sur la formation de la Terre. — **J. Dufay** : Spectre d'émission du ciel nocturne dans la région ultraviolette. — **J. Coulomb** et **J. de Lagaye** : Une série de mesures à l'actinomètre Arago. — **Jean Piveteau** : Le crâne primordial dans un Poisson triasique de Madagascar. — **Robert Lami** : Sur une nouvelle espèce de Laminaire de la région ibérico-marocaine : *Laminaria iberica* (Hamel) Lami. — **P. Lavialle** et **P. Jaeger** : La fertilité et la stérilité de l'androcée : leurs rapports avec le polymorphisme staminal chez *Knautia Arvensis Coult.* — **Robert Lemesle** : Des divers effets produits par le *Fusarium anthophilum* (A. Br.) Wr. sur l'ovule de *Scabiosa Succisa* L. — **G. Monnot** : Action de la séro-opothérapie sur la production de la matière grasse du lait chez les vaches laitières. — **J. Branas** et **J. Dulac** : Sur le mode d'action des bouillies cupriques. Rôle des dépôts. — **Jacques Monod** : Indépendance du galvanotropisme et de la densité du courant chez les Infusoires ciliés. — **E. Brumpt** : Spécifité parasitaire et déterminisme de la ponte de la mouche *Lucilia bufonivora.* — **C. Dhere** : Sur la fluorescence de la pyocyanine synthétique.

*Séance du* 8 *janvier* 1934.

**Jean Loiseau** : Sur les courbes admettant une ou plusieurs familles infinies de triangles circonscrits égaux entre eux. — **E.-J. Gumbel** : Les moments des distributions finales de la première et de la dernière valeur. — **M. N. Aronszajn** : Sur les invariants des transformations dans le domaine de $n$ variables complexes. — **Albert Portevin** et **Michel Cymboliste** : Procédé d'étude de la distribution des déformations élastiques dans les pièces métalliques soumises à des efforts extérieurs. — **J. Baubiac** : Sur les régimes transitoires dans le mouvement des liquides et la naissance du régime turbulent. — **D. Barbier** : Sur l'excentricité des étoiles doubles à très longue période. — Mme **Camille Flammarion** et **M. F. Quenisset** : Photographies des variations d'éclat de l'étoile RS Ophiuchi. — **Maurice Lambrey** et **S. Krauthamer** : Sur le fonctionnement de la bigrille changeuse de fréquence. — **Ilie C. Purcaru** : Contribution à l'étude expérimentale de la décharge électrique. — Mlle **Thérèse Meyer** : Conductibilité des liquides isolants ou peu conducteurs en couches minces. Variations avec la température. — Mlle **O. Jasse** : Mesures d'indices de l'eau par une méthode interféren-

tielle. — **P. Rouard** : Changement de phase par réflexion normale sur couches très minces d'or. — **Charles Lagneau** : Sur les alcools terpéniques acycliques en C 10 H 20 O des essences de citronnelle, de géranium et de rose. — **V. Henri, Ch. Weizmann** et **Y. Hirshberg** : Action des rayons ultraviolets sur la glycocolle. — **P. Lebeau** et **P. Corrier** : Résistivité électrique des peranthracites. — **J. Perreu** ; Sur l'équation de solubilité des sels hydratés. — **F. Bourion** et **E. Rouyer** : Détermination de l'hydration globale des ions du chlorure de calcium. — **Ch. Lapp** et Mlle **G. Zalc** : La dispersion rotatoire de la spartéine en solution aqueuse. — Mme **N. Demassieux** et **M. Edwin G. Grelis** : Sur quelques sels complexes halogénés du plomb. — **P. Carré** : Sur les mobilités des radicaux organiques dans leurs bromosulfites. — **Robert Lespieau** et **Joseph Wiemann** : Synthèses de la dulcite et de l'allodulcite. — **L. Royer** : Des matières étrangères qui, ajoutées à l'eau mère d'une solution sont susceptibles de modifier le faciès des cristaux du corps diss us. — **Léon Bertrand** : Sur les relations de la zone primaire axiale des Pyrénées et de la zone nord-pyrénéenne. — **M. Blumenthal** : Sur l'existence de poussées « antibétiques » en Andalousie. — **Robert Laffitte** ; Sur la présence de l'Albien dans l'Aurès (Algérie). — **René Vandendries** : Les barrages sexuels chez Lenzites betulina (L.). — Mme **Hurel-Py** : Recherches sur les conditions du *p*H nécessaires pour obtenir la germination des grains de pollen et la coloration votale de leurs va uoles. — **A.** et **R. Sartory, J. Meyer** et **Ernst** : Influence inhibitrice du radium sur la croissance des radicelles de *Lens esculenta Moench* : modifications de la dose empêchante minima sous l'influence d'ions antagonistes. — **L. Maume** et **J. Dulac** : Différences variétales dans l'absorption de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse par des blés ayant atteint une même époque physiologique dans un même milieu. — **F. Marceau** et **L. Acolat** : Un nouveau cardio-myographe très sensible, à fil élastique, à amplification à la fois mécanique et optique. — **A. Paillot** : Un nouveau type de maladie à ultravirus chez les insectes. — **E. Brumpt** : Fréquence saisonnière et diapause larvaire de la mouche *Lucilia bufonivora*. — **G. Mouriquand** et **A. Leulier** : Le rapport calcium-phosphore dans la genèse du rachitisme expérimental et du rachitisme humain.

## ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

*Principales Communications du 4e trimestre* 1933.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Haas** : *Le bilan d'énergie du rayonnement contenu dans l'Univers*. L'auteur arrive à la conclusion que la nébuleuse d'Andromède produit par seconde et par gramme une énergie du même ordre de grandeur que la perte d'énergie par déplacement vers le rouge du rayonnement de l'Univers par gr. sec. Il serait donc possible que la diminution constante de l'énergie de rayonnement par déplacement vers le rouge soit exactement compensée par le rayonnement nouveau de la nébuleuse. — M. **W. Bernheimer** : *L'intensité du rayonnement solaire ultraviolet* ($\lambda$ 3200) *d'avril* 1925 *à juin* 1933. Tandis que des mesures photo-électriques sur les planètes ont montré la constance du rayonnement solaire ultraviolet à $\pm$ 1 %, les mesures thermo-électriques directes ont révélé des variations d'intensité de plus de 40 %. Les mesures faites par l'auteur depuis 1927 donnaient à penser que ces variations ont lieu surtout dans l'atmosphère terrestre. Aujourd'hui le matériel de 1837 journées d'observation montre que les résultats américains dépendent d'une période annuelle de source terrestre et de notable amplitude. Si l'on élimine celle-ci, il reste une variation avec le temps du rayonnement ultraviolet, qui toutefois pour plus des deux tiers de l'ensemble est en opposition avec la période des taches solaires. Il n'y a non plus aucune corrélation entre la constante solaire et le rayonnement ultraviolet.

2° Sciences physiques. — MM. **G. Ortner** et **G. Stetter** : *L'emploi de l'azote pur pour les chambres d'ionisation*. Les auteurs montrent les avantages de l'emploi, pour remplir les chambres d'ionisation, d'un gaz dans lequel la mobilité du porteur soit particulièrement élevée. Comme particulièrement appropriés, on peut signaler les gaz rares, l'azote et l'hydrogène, les électrons ne formant pas d'ions gazeux négatifs dans ces gaz, mais se comportant comme conducteurs tant que les gaz sont purs. L'azote a donné de bons résultats. — MM. **Al. Kohler** et **H. Leitmeier** : *Résultats des résultats des recherches sur la thermoluminescence naturelle des minéraux et des minéraux et des roches*. La thermoluminescence est une propriété générale des minéraux suivants, rangés dans l'ordre décroissant : fluorine, danburite, calcite, apatite, zircon, topaze, feldspaths potassiques (à l'exception de l'adulaire et de la sanidine), scheelite, anhydrite, harmotome, pectolithe, gypse, strontianite, phénakite aragonite, withérite, quartz, cryolithe et baryte. Il y a 9 combinaisons de Ca et 3 de Ba ; ces deux éléments avec le fluor partagent la faculté de dégager l'énergie lumineuse. Dans un même gisement, les diverses couches se comportent de même au point de vue de la thermoluminescence, mais des minéraux de gisements différents varient au point de vue de l'intensité, de la durée et de la couleur de la luminescence. — MM. **H. Haberlandt** et **K. Przibram** et Mlle **Karlik** : *Synthèse de la fluorescence bleue de la fluorine*. Des essais systématiques ont montré que le porteur de la bande bleue bien connue de la fluorescence est une terre rare, vraisemblablement l'europium. Les essais synthétiques des auteurs confirment pleinement cette conclusion. — M. **W. Holzer** : *Action des ondes électriques rapides sur les électrolytes considérée au point de vue d'un effet biologique des ondes courtes*. L'auteur a déterminé sur certains liquides biologiques, d'après des mesures de conductibilité, les longueurs d'onde dont l'action thermique est maximum, et obtenu une assez bonne concordance entre la théorie et l'expérience. Malgré ce résultat, il a semblé utile de continuer les essais en vue de résoudre la question d'une action spécifique des ondes électriques courtes, qu'on pourrait rattacher à la théorie des moments de dipôles de Debye. — MM. **W.-J. Müller** et **J. Machu** : *Sur la théorie des phénomènes de passivité*. XXIII. *Nouvelles recherches sur la passivité du plomb*. Sur le plomb peuvent se produire deux phénomènes dépendant du potentiel d'électrode. A

un potentiel du plomb $\varepsilon_0 = -0{,}3$ volt à $+1{,}8$ volt correspond le phénomène normal de solution anodique $Pb \rightarrow Pb^{\cdot\cdot}$. Pour un potentiel d'électrode supérieur à 1,8 volt, le plomb passe subitement à une autre modification qui donne lieu à la réaction : $Pb^{\cdot\cdot\cdot\cdot} + 2H^2O \rightarrow PbO^2 + 4H$. — M. **L. Sladovic** : *Le pouvoir d'attaque des systèmes binaires liquides organiques sur les métaux.* Tandis que tous les essais sur le fer et l'aluminium, soit avec les substances pures, soit avec leurs mélanges, n'ont donné lieu à aucune coorosion appréciable, celle-ci se produit avec le cuivre et les systèmes aniline-phénol, aniline-nitrobenzène et pyridine-phénol, la corrosion étant supérieure avec les mélanges qu'avec les constituant isolés. Le contraire se produit avec les mélanges qui ne forment pas de combinaisons moléculaires, comme benzène-aniline. — MM. **E. Beutel**, **H. Haberlandt** et **E. Kutzelnigg** : *Sur la coloration du marbre par la vapeur d'iode.* La vapeur d'iode sèche et saturée à la température ordinaire est absorbée plus ou moins par les surfaces de marbre où elle se condense en les colorant de jaune à brun rouge, Les surfaces les plus colorées sont celles suivant lesquelles le marbre a été scié : de celles-ci part une certaine action en profondeur. Les surfaces polies se colorent aussi fortement. Les surfaces attaquées à l'acide absorbent moins et encore plus faiblement les surfaces de cassure des marbres à gros grain. — M. **Kutzelnigg** : *Sur la modification de quelques propriétés de l'oxyde de zinc à la suite de traitements mécaniques.* Les oxydes de zinc cristallisés stables portés à haute température sont très sensibles à la pression. Ceux qui ont été formés à basse température sont au contraire peu ou pas influencés par la pression. Des tablettes d'oxyde de zinc de 0,1 mm. d'épaisseur comprimées sous 10.000 atm. présentent par transparence une coloration brune à rouge sombre. — M. **A. Kutzelnigg** : *La fluorescence de l'oxyde de zinc à la température de l'air liquide.* L'oxyde de zinc obtenu par décomposition thermique de carbonate basique, qui paraît faiblement rouge brun à la lumière d'une lampe en quartz à la température ordinaire, présente une vive fluorescence à la température de l'air liquide. — M. **A. Skrabal** : *Les produits intermédiaires instables et la mécanique chimique classique.* Dans la cinétique chimique, on est toujours placé devant le problème suivant : d'un schema donné de réaction ou d'un système de réactions primitives auxquelles participent des corps réagissants instables, déduire les réactions brutes et leurs équations d'équilibre. L'auteur montre comment résoudre ce problème en restant sur le terrain de la Mécanique chimique classique. En partant des équations différentielles intégrables sous forme fermée des systèmes monomoléculaires, il arrive à deux principes de calcul : le « principe de passage » et le « principe d'égalité des vitesses partielles », qui sont transposables aux systèmes polymoléculaires. Ils permettent alors de résoudre le problème posé avec un minimum de calculs.

3° Sciences naturelles. — M. **H. Tertsch** : *Résultats des mesures de clivage sur l'anhydrite.* Des trois clivages suivant les faces terminales, deux (suivant 001 et 010) sont difficiles à distinguer par l'apparence ; ils fournissent tous deux de belles faces de clivage lisses, à éclat nacré suivant 001, à éclat vitreux suivant 010. Le clivage suivant 100, se différencie des autres par la rugosité de la surface de clivage. L'auteur a étudié les résultats du clivage par le choc, par la pression et par la traction. — M. **O. Abel** : *Nouvelle contribution à l'explication des traces de reptation dans le grès de Greifenstein du Wienerwald.* L'auteur (voir la Revue du 30 mars 1930, p. 163), ayant trouvé des traces analogues dues à des mollusques du genre *Bullia* sur les sables des côtes de l'Afrique du Sud, avait attribué à la même origine les empreintes des grès de Greifenstein. Cette explication est aujourd'hui confirmée par la découverte, à la face inférieure d'une couche de ces grès (les empreintes précédemment décrites se trouvent à la face supérieure), de l'empreinte très nette d'un disque pédial de *Bullia*. — Mlle **E. Almoslechner** : *Sur des substances favorisant la croissance des levures chez le* Boletus edulis *et dans l'urine.* M. Nielsen a montré que l'extrait de bolet desséché contient une substance qui, portée sur des coléophyles décapités d'*Avena*, les redresses et provoque une courbure de la plante. L'auteur s'est demandé si l'on ne pourrait utiliser la multiplication des levures comme indicateur de substances de ce genre, ce qui simpliefierait leur mise en évidence. Or cet extrait possède une forte action favorisante sur la division des cellules et la croissance, qui se manifeste encore avec une dilution au 0,0025 °/₀. La substance active résiste à la chaleur, n'est pas altérée par évaporation ; elle est facilement soluble dans l'eau et l'alcool, mais insoluble dans l'éther. Ce dernier caractère et le fait que l'extrait de champignon frais favorise aussi la croissance des levures montre que cette substance n'est pas identique à celle de Nielsen, qui pourrait être désignée sous le terme de *substance de croissance A*, tandis que celle de l'auteur serait la *substance B*. Celle-ci a été retrouvée par Mlle Almoslechner dans l'urine, qui d'après Kögl et Smith est également une source de substance A (auxine). La substance B de l'urine a exactement les mêmes propriétés que celle du bolet. — M. **Z. Dische** : *Formation d'un éther triose-phosphorique à partir d'éthers hexose-phosphoriques par des corpuscules rouges sanguins hémolysés.* L'auteur a trouvé que les globules rouges de l'homme, hémolysés et lavés, sont capables de décomposer les éthers hexose-phosphoriques (èthers de Harden-Young, de Neubert, d'Embden) en un triose. Dans ce phénomène, qui a lieu à la température du corps et à une certaine concentration 15 à 20 fois plus vite que la glycolyse, il ne se sépare pas de phosphore inorganique. Dans le cas de l'éther de Harden-Young, il se forme un éther triose-monophosphorique, dans les deux autres cas probablement un mélange de triose libre et d'éther de triose. Les érythrocytes intacts peuvent opérer aussi ce dédoublement, et transformer l'éther de triose en acide lachique, et inversement synthétiser un éther de sucre à partir de l'aldéhyde glycérique. L'hémolyse leur fait donc perdre la faculté synthétique et lèse celle de la transformation de l'éther de triose en acide lactique.

L. Br.

*Le Gérant :* Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-34.